



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR TERAPAN - RC145501

## **PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG 6 LANTAI DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)**

**ROHMATUL BULGIS**

**NRP. 3114 030 114**

**ARINI SONIA**

**NRP. 3114 030 154**

**DOSEN PEMBIMBING 1 :**

**Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN.M.EngSc.PhD**

**NIP. 19630726 198903 1 003**

**DOSEN PEMBIMBING 2**

**AFIF NAVIR REFANI, ST.MT**

**NIP. 19840919 201504 1 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017**



**TUGAS AKHIR TERAPAN - RC145501**

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG 6 LANTAI  
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL  
MOMEN MENENGAH (SRPMM)**

**ROHMATUL BULGIS**

**NRP. 3114 030 114**

**ARINI SONIA**

**NRP. 3114 030 154**

**DOSEN PEMBIMBING 1 :**

**Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN.M.EngSc.PhD**

**NIP. 19630726 198903 1 003**

**DOSEN PEMBIMBING 2**

**AFIF NAVIR REFANI, ST.MT**

**NIP. 19840919 201504 1 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017**



**APPLIED FINAL PROJECT - RC145501**

**CONSTRUCTION PLANNING OF 6 FLOORS LECTURE  
BUILDING USING METHOD OF INTERMEDIATE  
MOMENT FRAME BEARER SYSTEM (SRPMM)**

**ROHMATUL BULGIS**

**NRP. 3114 030 114**

**ARINI SONIA**

**NRP. 3114 030 154**

**1ST CONSELOR :**

**Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN.M.EngSc.PhD**

**NIP. 19630726 198903 1 003**

**2ND CONSELOR :**

**AFIF NAVIR REFANI, ST.MT**

**NIP. 19840919 201504 1 001**

**CIVIL ENGINEERING DIPLOMA PROGRAM  
DEPARTMENT OF CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING  
FACULTY OF VOCATION  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG**  
**PERKULIAHAN 6 LANTAI DENGAN METODE**  
**SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH**  
**(SRPMM)**

**TUGAS AKHIR TERAPAN**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya pada  
Program Studi Infrastruktur Sipil  
Bangunan Gedung  
Fakultas Vokasi  
Insitut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

**Disusun Oleh:**

**MAHASISWA I**



Rohmatul Bulgis

**MAHASISWA II**



Arini Sonia

**Disetujui Oleh:**

**DOSEN PEMBIMBING I**



Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.Eng.Sc.Pd

NIP. 19630726 198901 1003

**DOSEN PEMBIMBING II**



Ari Navir Refani ST.MT

NIP. 19840919 201504 1 001







**BERITA ACARA**  
**TUGAS AKHIR TERAPAN**  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :  
037713/IT2.VI.8.1/PP.06.00/2017

Tanggal : 14 Juli 2017

Judul Tugas Akhir Terapan	Perencanaan Struktur Gedung Perkuliahan 6 Lantai dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)		
Nama Mahasiswa 1	Rohmatul Bulgis	NRP	3114030114
Nama Mahasiswa 2	Arini Sonia	NRP	3114030154
Dosen Pembimbing 1	Prof. Ir. M. Sigit D, M.EngSc. PhD NIP 19630726 198903 1 003	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	Afif Navir R, ST, MT NIP 19840919 201504 1 001	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
7. Cara perhitungan Sloof dan penulangan Sloof	
7. Perbaiki abstrak	
7. Perbaiki tulisan dalam BAB I.	Ridho Bayu Aji, ST., MT., Ph.D. NIP 19730710 199802 1 002
	Prof. Ir. M. Sigit D, M.EngSc. PhD NIP 19630726 198903 1 003
	Afif Navir R, ST, MT NIP 19840919 201504 1 001
7. Tinjau kembali abstrak pada bab 1 dan 2.	
7. Cara dimensi dan keterangan dalam penggambaran	
7. Perbaiki gambar potongan struktur	Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS NIP 19590209 198603 1 002
7. Diberikan beban gempa rencana. Lengkapi dengan grafik	
7. Sertakan gambar penulangan kolom	

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Ridho Bayu Aji, ST., MT., Ph.D. NIP 19730710 199802 1 002	Prof. Ir. M. Sigit D, M.EngSc. PhD NIP 19630726 198903 1 003	Afif Navir R, ST, MT NIP 19840919 201504 1 001	Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS NIP 19590209 198603 1 002

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	Prof. Ir. M. Sigit D, M.EngSc. PhD NIP 19630726 198903 1 003	Afif Navir R, ST, MT NIP 19840919 201504 1 001



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**FAKULTAS VOKASI**  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025  
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama** : 1. Rahmatul Bulqis 2. Arini Senia  
**NRP** : 1. 3114030119 2. 3114030154  
**Judul Tugas Akhir** : Perancangan Struktur Gedung perkuliahan 6 lantai dengan metode Sistem Rangka Perbukit Momen Menengah (SRPMM)

**Dosen Pembimbing** : 1. Prof. M. Syit Darmawan Ir. MEng. Ph.D. 2. Ahy Nauri Revani. ST. MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	17-02-2017	- Asistensi persubbab atau per bab				
		- Denah pondasi, kolom, slab dan plat, tebal plat ditradisikan 13 cm.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	22-02-2017	- Dimensi balok diperkecil (B1) 45x 70 <sup>o</sup> balok anak dirumahnya 35x50 dengan keterangan kemulukan pelat.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Lift memakai rangka baja tetapi tidak dihitung, (kolom lift dihitung)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	23-02-2017	- Bab 1-4 di print, daftar isi gambar, lampiran gambar.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	20-03-2017	- Daftar isi diperbaiki.				
		- Batuan arsitek No. 3 diperbaiki		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- P, floor plan disesuikan dengan Bab 1, dan 5, 11 tertera.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Campurkan input perkuliahan (gempa, durasi) - rekayasa		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- perbaiki judul TA ? cek		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Ket.** :  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025  
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1. Rahmatul Bulqis 2. Anis Saia.  
NRP : 1. 3119030119 2. 3119030159  
Judul Tugas Akhir : perancangan struktur gedung perkotaan 6 lantai dengan metode sistem rangka portal momen mumpuk (lapisan).  
Dosen Pembimbing : 1. Prof. M. Syit Darmawan Ir. M. Eng. Ph. D. 2. Aji Anis R. ST. MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
5.	12-April-2017	- Berda pada tangga belah ketupat di rumah kolom (struktur sekunder), balok beton - pada lebih besar dari - mawaka cara yang dari buku iis - Formasi lapangan di rapikan lagi.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	18-Mei-2017	- Balok tulangan tetap (B <sub>st</sub> ). - Balok tangga dihitung sendiri (B <sub>st</sub> ).		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	24-Mei-2017	- M <sub>st</sub> tidak sama dengan M <sub>or</sub> . (pendukung gesir balok). - M <sub>st</sub> dan M <sub>or</sub> sama dengan (pendukung gesir kolom). - pada setiap plat dilambak ketan hasil perhitungan.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	31-Mei-2017	- Yang dimauatkan hanya perhitungan area. - tangga dimauatkan 3 tipe. - persentase tulangan tumpuan minimal 1% maksimal 3% - jarak renggang lapangan d/s. - Balok yang dihitung sendiri m. u.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.  
B = Lebih cepat dari jadwal  
C = Sesuai dengan jadwal  
K = Terlambat dari jadwal

Ket. :

B = Lebih cepat dari jadwal

C = Sesuai dengan jadwal

K = Terlambat dari jadwal

**PERENCANAAN STUKTUR GEDUNG  
PERKULIAHAN 6 LANTAI DENGAN METODE  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH  
(SRPMM)**

**Nama Mahasiswa : Rohmatul Bulgis**  
**NRP : 3114030114**

**Nama Mahasiswa : Arini Sonia**  
**NRP : 3114030154**

**Jurusan : Diploma III Teknik Sipil**  
**Departemen Infrastruktur Teknik**  
**Sipil – ITS**

**Dosen Pembimbing 1 : Prof. Ir. M. Sigit D. M.EngSc.PhD**  
**NIP : 19630726 198903 1 003**

**Dosen Pembimbing 2 : Afif Navir Refani, ST.MT**  
**NIP : 19840919 201504 1 001**

**ABSTRAK**

Gedung perkuliahan 6 Lantai ini memiliki tinggi bangunan +33.35 m dan luas bangunan 441.975 m<sup>2</sup>. Gedung ini berlokasi di Sumenep, dan juga menggunakan data tanah setempat. Berdasarkan hasil Standard Penetration Test (SPT), diketahui bahwa gedung dibangun diatas tanah dengan kondisi tanah keras dan termasuk kelas situs SD. Gedung ini difungsikan sebagai Fasilitas Pendidikan yang termasuk dalam kategori resiko IV dan termasuk dalam kategori desain seismik (KDS) D. oleh karena itu bangunan gedung ini direncanakan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).

Untuk perencanaan beban gempa menggunakan peta gempa Indonesia 2010 dengan probabilitas 10% dalam 50 tahun

periode 500 tahun) dan gempa dihitung dengan metode static ekuivalen sesuai dengan SNI 1726:2012. Sedangkan pembebanan non gempa dapat disesuaikan dengan peraturan SNI 1727:2013. Bahan utama dalam struktur bangunan ini adalah beton bertulang yang mengacu pada SNI 2847:2013.

Tahapan pengerjaan tugas akhir ini diawali dengan pengumpulan data seperti Gambar struktur, data tanah, dan referensi-referensi yang digunakan, kemudian menentukan sistem struktur yang optimal untuk gedung perkuliahan 6 lantai ini, selanjutnya preliminari desain, kemudian menganalisa pembebanan struktur serta gaya dalam, kemudian mengontrol dengan persyaratan, setelah itu menghitung volume pembesian.

Dari hasil perhitungan, Gedung ini menggunakan plat dengan tebal 12 cm, dan menggunakan 6 tipe balok yaitu B1 (45/70) cm, B2 (35/50) cm, B3 (25/40) cm, B4 (35/50) cm, BT (35/50) cm, dan BS (45/60) cm, serta menggunakan 3 tipe kolom yaitu K1 (60/60) cm, K2 (50/50) cm, K3 (30/30) cm. Setelah dilakukan perhitungan volume pembesian diperoleh rasio pembesian untuk portal memanjang sebesar 187,254 kg/m<sup>3</sup> dan untuk portal melintang sebesar 161,490 kg/m<sup>3</sup>.

***Kata kunci : Bangunan Gedung Perkuliahan, Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), Statik Ekuivalen.***

**CONTRUCTION PLANNING OF 6 FLOORS LECTURE  
BUILDING USING METHOD OF INTERMEDIATE  
MOMENT FRAME BEARER SYSTEM (SRPMM)**

***Student Name*** : Rohmatul Bulgis  
***NRP*** : 3114030114

***Student Name*** : Arini Sonia  
***NRP*** : 3114030154

***Major Department*** : Civil Engineering Diploma Program  
Department Of Civil Infrastructure  
Engineering – ITS

***1<sup>st</sup> Conselor*** : Prof.Ir.M. Sigit D. M,engsc,PhD  
***NIP*** : 19630726 198903 1 003

***2<sup>nd</sup> Conselor*** : Afif Navir Refani, ST.MT  
***NIP*** : 19840919 201504 1 001

**ABSTRACT**

*This sixth floor lecture Building has a height +33.35 m and building area 441.975 m<sup>2</sup>. The building is located in Sumenep, and also uses local land data. Based on the results of Standard Penetration Test (SPT), it is known that the building is built on ground with hard soil conditions and included in SC site class. This building is functioned as an Educational Facility which is included in the category of risk IV and is included in the category of seismic design (KDS) C. Therefore, the building is planned using Medium Moment Resume Frame System (SRPMM) method.*

*For earthquake load planning using Indonesian earthquake map 2010 with probability 10% in 50 years (500 years*

*period) and earthquake calculated by equivalent static method in accordance with SNI 1726: 2012. While loading of non earthquake can be adjusted with SNI 1727: 2013 regulation. The main material in this building structure is reinforced concrete which refers to SNI 2847: 2013.*

*Stages of this final project work begins with collecting data such as drawing structure, soil data, and references used, then determine the optimal structure system for this 6 floor building, then preliminari design, then analyze the loading of structures and forces in, then control With the requirements, after which calculate the volume of the enlargement.*

*From the calculation, this building uses plate with 12 cm thick, and use 6 type of beam that is B1 (45/70) cm, B2 (35/50) cm, B3 (25/40) cm, B4 (35/50) cm , BT (35/50) cm, and BS (45/60) cm, and using 3 type of column that is K1 (60/60) cm, K2 (50/50) cm, K3 (30/30) cm. After calculation of the enlargement volume obtained the ratio of the enlargement for the portal extends of 187,254 kg / m<sup>3</sup> and for the transverse portal of 161, 490 kg / m<sup>3</sup>.*

***Keywords : Lecture Building , Intermediate Moment Frame Bearers System, static equivalent.***



## **KATA PENGANTAR**

Pertama-tama kami ucapkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas segala rahmat dan hidayah-Nya penyusun Tugas Akhir Terapan dapat terselesaikan dengan judul “Perencanaan Struktur Gedung Perkuliahan 6 Lantai dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)”.

Tersusunnya tugas akhir terapan ini tidak terlepas juga dari berbagai pihak yang telah memberikan masukan serta arahan kepada kami. Untuk itu kami ucapkan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua kami, saudara-saudara kami, sebagai penyemangat terbesar bagi kami, dan yang telah memberikan banyak dukungan moril maupun materil terutama doa dan semangatnya.
2. Bapak Prof.Ir.M. Sigit Darmawan.M,EngSc,PhD dan bapak Afif Navir Refani, ST.MT selaku dosen pembimbing kami yang telah memberikan bimbingan, arahan dan motivasi dalam penyusunan laporan tugas akhir terapan ini.
3. Serta semua pihak yang mendukung dan memberikan bantuan dalam penyelesaian tugas akhir terapan yang tidak mampu disampaikan satu per satu, kami ucapkan terimakasih.

Menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir terapan ini tidaklah sempurna, maka kami ucapkan mohon maaf jika ada kekurangan dalam penyusunan tugas akhir terapan ini. Demikian yang dapat kami sampaikan, kami mengucapkan terimakasih.

Surabaya , 17 Januari 2017

Penulis

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR NOTASI .....	xvii
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.5 Manfaat .....	3
1.6 Data Perencanaan .....	3
BAB II .....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Umum.....	5
2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen .....	6
2.1 Ketentuan Struktur Untuk Sistem Rangka Persyaratan Struktur Primer .....	7
2.2 Kekuatan Geser.....	10
2.3 Pembebanan .....	11
2.4.2 Kombinasi Pembebanan.....	13
BAB III.....	15
METODOLOGI .....	15
3.1 Data Perencanaan .....	15
3.2 Pengumpulan Data .....	15

3.3 Preliminari Desain .....	16
3.3.1 Struktur Primer .....	16
3.3.2 Struktur Sekunder .....	18
3.4 Perhitungan Pembebanan.....	22
3.5 Analisis Struktur.....	36
3.6 Analisa Gaya Dalam .....	36
3.7. Perhitungan Penulangan Struktur.....	37
3.7.1. Penulangan Struktur Primer : .....	37
3.7.2. Penulangan Struktur Sekunder.....	56
3.8. Kontrol Persyaratan.....	61
3.9. Gambar Rencana .....	62
3.10 Flow Chart Metodologi.....	64
3.10.1 Metodologi Perencanaan.....	64
3.10.2. Langkah Perencanaan Struktur Primer .....	65
3. 10.3 Langkah Perencanaan Struktur Sekunder .....	68
BAB IV .....	71
ANALISA DAN PEMBAHASAN .....	71
4.1. Perencanaan Dimensi Struktur .....	71
4.2. Menentukan Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) .....	110
4.3. Pembebanan Strukt.....	119
BAB V .....	377
KESIMPULAN DAN SARAN .....	377
5.1 Kesimpulan .....	377
5.2 Saran.....	383
DAFTAR PUSTAKA .....	ccclxxxvi

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gaya Lintang Pada Balok Akibat Beban Gravitasi Terfaktor .....	9
Gambar 2.2 Gaya Lintang Pada Kolom Akibat Beban Gravitasi Terfaktor .....	10
Gambar 3.1 Arah Gaya Gempa .....	24
Gambar 3.2 Geser Desain untuk rangka momen menengah .....	41
Gambar 3.3 Geser Desain untuk rangka momen menengah. ....	49
Gambar 3.4 Nomogram factor panjang efektif.....	50
Gambar 3.5 Lebar efektif untuuk penempatan tulangan pada sambungan tepi dan sudut.....	57
Gambar 4.1 Balok induk melintang yang ditinjau.....	71
Gambar 4.2 Rencana dimensi balok induk melintang..	72
Gambar 4.3 Balok induk memanjang yang ditinjau....	73
Gambar 4.4 Rencana dimensi balok induk memanjang.	73
Gambar 4.5 Balok induk atap yang ditinjau.....	74
Gambar 4.6 Rencana dimensi balok induk atap.....	74
Gambar 4.7 Balok anak 1 yang ditinjau.....	75
Gambar 4.8 Rencana dimensi balok anak 1 .....	76
Gambar 4.9 Balok anak 2 yang ditinjau.....	76
Gambar 4.10 Rencana dimensi balok anak 2 .....	77
Gambar 4.11 Balok anak atap yang ditinjau.....	77
Gambar 4.12 Rencana dimensi balok anak atap.....	78
Gambar 4.13 Balok bordes yang ditinjau.....	78
Gambar 4.14 Rencana dimensi balok bordes.....	79
Gambar 4.15 Balok induk melintang yang ditinjau (S1) .....	79
Gambar 4.16 Rencana dimensi sloof .....	80
Gambar 4.17 Kolom yang ditinjau.....	81
Gambar 4.18 Rencana dimensi kolom.....	81
Gambar 4.19 Kolom 2 yang ditinjau.....	82
Gambar 4.20 Rencana dimensi kolom 2.....	83
Gambar 4.21 Kolom 3 yang ditinjau.....	83

Gambar 4.22 Rencana dimensi kolom 3.....	84
Gambar 4.23 Rencana denah plat P1.....	85
Gambar 4.24 Rencana denah plat P2.....	92
Gambar 4.25 Rencana denah tangga Tipe 1 LT.1 .....	99
Gambar 4.26 Rencana denah tangga Tipe 1.1 LT.1...101	
Gambar 4.27 Rencana denah tangga Tipe 1.1 LT.1...102	
Gambar 4.28 Rencana Denah Tangga Tipe 2 Lantai 2-6.....	104
Gambar 4.29 Rencana Denah Tangga Tipe 2 Lantai 2-6....	106
Gambar 4.30 Rencana Denah Tangga Tipe 3 Lantai 1-5.....	108
Gambar 4.31 Peta respon spektra percepatan 0.2 detik (SS)....	113
Gambar 4.32 Peta respon spectra 1.0 detik S1.....	113
Gambar 4.33 Prakiraan cuaca Provinsi Jawa Timur...	122
Gambar 4.34 Perletakan Tangga Tipe 1.....	176
Gambar 4.35 Perletakan Tangga tipe 1.1.....	181
Gambar 4.36 Perletakan Tangga tipe 2.....	188
Gambar 4.37 Perletakan Tangga tipe 2.....	191
Gambar 4.38 Denah penulangan balok induk.....	219
Gambar 4.39 Hasil Output sap gaya torsi B1.....	221
Gambar 4.40 Hasil output sap gaya momen lapangan B1. ....	221
Gambar 4.41 Hasil output sap gaya momen Tumpuan Kiri B1.....	221
Gambar 4.42 Hasil output sap gaya momen Tumpuan Kanan B1.....	221
Gambar 4.43 Hasil output sap gaya aksial B1.....	221
Gambar 4.44 Hasil output sap gaya geser B1.....	222
Gambar 4.45 Perencanaan geser untuk balok Srpmmm.....	222
Gambar 4.46 Perencanaan geser untuk balok srpmmm.....	245

Gambar 4.47 Detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standart .....	255
Gambar 4.48 Detail penulangan balok .....	256
Gambar 4.49 Denah Penulangan Balok Anak (B4)....	256
Gambar 4.50 Hasil output sap gaya torsi (B4)....	258
Gambar 4.51 Hasil output sap gaya aksial B4.....	258
Gambar 4.52 Hasil output sap gaya momen Tumpuan Kiri B4.....	258
Gambar 4.53 Hasil output sap gaya momen lapangan B4. ....	259
Gambar 4.54 Hasil output sap gaya momen Tumpuan Kanan B4.....	259
Gambar 4.55 Hasil output sap gaya geser B4.....	259
Gambar 4.56 Gaya Lintang Rencana Kmponen Balok Pada SRPMM.....	260
Gambar 4.57 Perencanaan Geser untuk balok SRPMM .....	282
Gambar 4.58 Detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standart .....	230
Gambar 4.59 Gambar detail penampang balok .....	231
Gambar 4.60 Denah Penulangan Balok Sloof (BS)...	259
Gambar 4.61 Hasil sap output gaya torsi (BS).....	295
Gambar 4.62 Hasil sap output gaya aksial (BS).....	295
Gambar 4.63 Hasil sap output gaya tumpuan kiri (BS) .....	295
Gambar 4.64 Hasil sap output gaya lapangan (BS)....	295
Gambar 4.65 Hasil sap output gaya tumpuan kanan (BS).....	296
Gambar 4.66 Hasil sap output gaya geser (BS).....	296
Gambar 4.67 Gaya lintang rencana komponen balok pada SRPMM.....	297
Gambar 4.68 Perencanaan geser untuk balok SRPMM.....	319
Gambar 4.69 Detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standart.....	328

Gambar 4.70 etail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standart.....	329
Gambar 4.71 Balok yang ditinjau.....	330
Gambar 4.72 <i>Tributary Area</i> pada Balok yang Ditinjau .....	330
Gambar 4.73 Denah posisi kolom k-1 (60/0) pada as A-2.....	331
Gambar 4.74 Hasil output sap gaya momen aksial pdl .....	336
Gambar 4.75 Hasil output sap gaya momen aksial Pll.....	336
Gambar 4.76 Hasil output sap gaya momen aksial PU 1.2D+1.6L .....	336
Gambar 4.77 Hasil output sap gaya momen 1,2 D+L+1EX+0,3 EY.....	336
Gambar 4.78 Hasil output sap gaya momen 1,2 D+L+1EY+0,3 EX.....	336
Gambar 4.79 Hasil output sap gaya momen arah x M1ns .....	337
Gambar 4.80 Hasil output sap gaya momen arah x M2ns .....	337
Gambar 4.81 Hasil output sap gaya momen arah Y M1ns .....	337
Gambar 4.82 Hasil output sap gaya momen arah Y M2ns .....	338
Gambar 4.83 Hasil output sap gaya momen arah X M1ns .....	338
Gambar 4.84 Hasil output sap gaya momen arah X M1ns .....	338
Gambar 4.85 Hasil output sap gaya momen arah Y M1ns .....	338
Gambar 4.86 Hasil output sap gaya momen arah Y M2ns .....	339
Gambar 4.87 Grafik aligment.....	341
Gambar 4.88 Diagram Interaksi Penulangan.....	344



Gambar 4.89 Hasil Output praColumn 1.....	351
Gambar 4.90 Hasil Output praColumn 2.....	352
Gambar 4.91 Lintang Rencana untuk SRPMM 2.....	353
Gambar 4.92 Kolom yang ditinjau.....	359
Gambar 4.93 Gambar detail balok.....	363
Gambar 4.93 Gambar detail kolom.....	371

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Peraturan yang Digunakan .....	5
Tabel 3.1 Tebal Minimum Balok Non Prategang atau Pelat Satu Arah.....	16
Tabel 3.2 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior .....	20
Tabel 3.3 Klasifikasi Situs.....	25
Tabel 3.4 Kategori Desain Seismik (Periode Pendek) .....	26
Tabel 3.5 Kategori Desain Seismik (Periode 1 detik) .....	26
Tabel 3.6 Koefisien Situs ( $F_a$ ).....	27
Tabel 3.7 Koefisien Situs ( $F_v$ ) .....	27
Tabel 3.8 Nilai Parameter Periode Pendekatan $C_t$ dan $\alpha$ .....	29
Tabel 3.9 Koefisien Untuk Batas Atas .....	29
Tabel 3.10 Kategori Resiko Bangunan gedung dan non gedung	30
Tabel 3.11 Faktor Keutamaan Gempa.....	33
Tabel 3.12 Faktor $R$ , $C_d$ .....	33
Tabel 3.13 Panjang Penyaluran batang ulir atau kawat ulir $l_d$ ...	46
Tabel 3.14 Pembagian Momen negatif terfaktor eksterior pada lajur kolom .....	60
Tabel 4.1 Koefisien eksposur tekanan viskositas .....	116
Tabel 4.2 Koefisien tekanan dinding.....	117
Tabel 4.3 Koefisien Eksposur Tekanan Viskositas .....	123
Tabel 4.4 Koefisien Tekanan Dinding .....	124
Tabel 4.5 Berat Beban Bangunan .....	127
Tabel 4.6 Gaya Gempa Perlantai .....	129
Tabel 4.7 eksentrisitas rencana .....	130
Tabel 4.8 Gaya Gempa Pada kolom lantai 1 .....	131
Tabel 4.9 Gaya Gempa Pada kolom lantai 2 .....	132
Tabel 4.10 Gaya Gempa Pada kolom lantai 3 .....	134
Tabel 4.11 Gaya Gempa Pada kolom lantai 4 .....	135
Tabel 4.12 Gaya Gempa Pada kolom lantai 5 .....	136
Tabel 4.13 Gaya Gempa Pada kolom lantai 6 .....	138
Tabel 4.14 Gaya Gempa Pada kolom lantai 7 .....	140
Tabel 4.15 Gaya Gempa Pada kolom lantai atap .....	140

Tabel 4.16 Pembagian momen negative terfaktor eksterior pada lajur kolom .....	144
Tabel 4.17 Pembagian momen negative terfaktor eksterior pada lajur kolom .....	150
Tabel 4.18 Rekap Hasil Perhitungan Plat Lantai .....	154
Tabel 4.19 Pembagian momen negatif terfaktor eksterior pada lajur kolom .....	157
Tabel 4.20 Rekap Hasil Perhitungan Plat Lantai .....	175
Tabel 4.21 Rekap Hasil Perhitungan Plat Tangga Tipe 1 .....	186
Tabel 4.22 Rekap Hasil Perhitungan Plat Tangga Tipe 1 .....	206
Tabel 4.23 Rekap Hasil Perhitungan Plat Tangga .....	217
Tabel 4.24 Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir ..	252
Tabel 4.25 faktor lokasi dan faktor pelapis .....	253
Tabel 4. 24 Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir ..	289
Tabel 4.25 faktor lokasi dan faktor pelapis .....	289
Tabel 4. 26 Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir ..	325
Tabel 4.27 faktor lokasi dan faktor pelapis .....	326
Tabel 4.28 Rekap Hasil Perhitungan Penulangan Balok.....	334
Tabel 4.30 Rekap Hasil Perhitungan Volume Pembesian Balok Satu Portal Memanjang .....	369
Tabel 4.31 Rekap Hasil Perhitungan Volume Pembesian Balok Satu Portal Melintang .....	370
Tabel 4.32 Rekap Hasil Perhitungan Volume Pembesian kolom Satu Portal Melintang .....	374
Tabel 4.33 Rekap Hasil Perhitungan Volume Pembesian Kolom Satu Portal Melintang .....	374
Tabel 4.34 Rekap Hasil Perhitungan Plat Lantai .....	376
Tabel 4.35 Rekap Hasil Perhitungan Plat Tangga dan bordes	377
Tabel 4.36 Rekap Hasil Perhitungan Balok .....	378
Tabel 4.37 Rekap Hasil Perhitungan Kolom .....	379
Tabel 4.38 Rekap Hasil Perhitungan Volume Pembesian Portal Memanjang .....	380
Tabel 4.39 Rekap Hasil Perhitungan Volume Pembesian Portal Melintang .....	381

### DAFTAR NOTASI

$A_{cp}$	=	Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton (mm <sup>2</sup> )
$A_g$	=	Luas bruto penampang (mm <sup>2</sup> )
$A_{oh}$	=	Luas daerah yang dibatasi oleh garis pusat tulangan sengkang torsi terluar (mm <sup>2</sup> )
$A_s$	=	Luas tulangan tarik non prategang (mm <sup>2</sup> )
$A_{sc}$	=	Luas tulangan tulangan longitudinal / lentur rencana yang diperhitungkan dalam memikul momen lentur (mm <sup>2</sup> )
$A'_s$	=	Luas tulangan tekan non prategang (mm <sup>2</sup> )
$b$	=	Lebar daerah tekan komponen struktur (mm)
$b_w$	=	Lebar badan balok atau diameter penampang bulat (mm)
$C'_c$	=	Gaya pada tulangan tekan
$C'_s$	=	Gaya tekan pada beton
$d$	=	Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (mm)
$d'$	=	Jarak dari serat tekan terluar ke tulangan tekan (mm)
$d_b$	=	Diameter nominal batang tulangan, kawat atau strand prategang (mm)
$D$	=	Beban mati atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban mati
$E_c$	=	Modulus elastisitas beton (Mpa)
$E$	=	Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang terkait
$E_x$	=	Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa arah X
$E_y$	=	Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa arah Y
$I_b$	=	Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto balok

$I_p$	=	Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto pelat
$f'_c$	=	Kuat tekan beton yang disyaratkan (Mpa)
$f_y$	=	Kuat leleh yang disyaratkan untuk tulangan non pra-tegang (Mpa)
$h$	=	Tinggi total dari penampang
$h_n$	=	Bentang bersih kolom
$k$	=	Faktor panjang efektif untuk komponen struktur tekan
$l$	=	Panjang bentang balok atau pelat satu arah
$l_n$	=	Bentang bersih balok
$l_o$	=	Panjang yang diukur dari muka joint sepanjang sumbu komponen struktur
$l_u$	=	Panjang tak tertumpu komponen struktur tekan
$M_u$	=	Momen terfaktor pada penampang (Nmm)
$M_{nb}$	=	Kekuatan momen nominal persatuan jarak sepanjang suatu garis leleh
$M_{nc}$	=	Kekuatan momen nominal untuk balok yang tak mempunyai tulangan tekan (Nmm)
$M_n$	=	Kekuatan momen nominal jika batang dibebani lentur saja (Nmm)
$M_{nl}$	=	Momen kapasitas balok penampang kiri (Nmm)
$M_{nr}$	=	Momen kapasitas balok penampang kanan (Nmm)
$M_{nt}$	=	Momen kapasitas balok penampang atas (Nmm)
$M_1$	=	Momen ujung terfaktor yang lebih kecil pada Komponen tekan; bernilai positif bila komponen struktur melengkung dengan kelengkungan tunggal, negatif bila struktur melengkung dengan kelengkungan ganda (Nmm)
$M_2$	=	Momen ujung terfaktor yang lebih besar pada komponen tekan; selalu bernilai positif (Nmm)
$N$	=	Nilai Test Penetrasi Standar pada suatu lapisan tanah, gaya normal secara umum
$N_u$	=	Beban aksial terfaktor
$P_{cp}$	=	Keliling luar penampang beton (mm)

$P_h$	=	Keliling dari tulangan sengkang torsi
$P_u$	=	Beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan (N)
$r$	=	Radius girasi penampang komponen struktur tekan
$R$	=	Faktor reduksi gempa, rasio antara beban gempa maksimum akibat pengaruh gempa rencana pada struktur gedung elastik penuh dan beban gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana pada struktur gedung daktail, bergantung pada faktor daktilitas struktur gedung tersebut, faktor reduksi gempa representatif struktu gedung tidak beraturan
$S$	=	Spasi tulangan geser atau torsi kearah yang diberikan
$S_n$	=	Kekuatan lentur, geser, atau aksial nominal sambungan
$s_o$	=	Spasi pusat ke pusat tulangan transversal dalam panjang $l_o$ mm
$T$	=	Waktu getar alami struktur gedung dinyatakan dalam detik yang menentukan besarnya faktor respons gempa struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam spektrum respons gempa rencana
$T_n$	=	Kuat momen torsi nominal (Nmm)
$T_u$	=	Momen torsi terfaktor pada penampang Nmm)
$V_c$	=	Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton
$V_n$	=	Pengaruh gempa rencana pada taraf pembebanan nominal untuk strukutr gedung dangan tingkatan daktilitas umum, pengaruh gempa rencana pada saat didalam struktur terjadi pelelehan pertama yang sudah direduksi dengan faktor kuat lebih beban dan bahan $f_l$
$V_s$	=	Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (N)
$V_u$	=	Gaya geser terfaktor pada penampang (N)

$W_u$	=	Beban terfaktor per satuan panjang balok atau pelat satu arah
$\alpha$	=	Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok
$\alpha_m$	=	Nilai rata-rata $\alpha$ untuk semua balok tepi dari suatu panel
$\beta$	=	Rasio bentang dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah
$\beta_d$	=	Rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap beban aksial terfaktor maksimum
$\beta_n$	=	Faktor untuk memperhitungkan pengaruh angkur pengikat pada kuat tekan efektif zona nodal
$\rho$	=	Rasio tulangan tarik
$\rho'$	=	Rasio tulangan tekan
$\rho_b$	=	Rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang
$\rho_{max}$	=	Rasio tulangan tarik maksimum
$\rho_{min}$	=	Rasio tulangan tarik minimum
$\mu$	=	Faktor daktilitas struktur gedung, rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana pada saat mencapai kondisi diambang keruntuhan dan simpangan struktur gedung pada saat terjadi pelelehan pertama
$\psi$	=	Faktor kekangan ujung – ujung kolom



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Dalam Perencanaan struktur suatu bangunan gedung bertingkat terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan salah satunya yaitu keamanan. Keamanan merupakan faktor utama yang harus diperhatikan seperti keamanan pada saat terjadi gempa. Bangunan bertingkat dengan resiko kegempaan dapat dihitung dengan beberapa metode, diantaranya adalah metode Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM). Sistem Rangka Pemikul Momen terbagi dalam kategori desain seismik yang didasarkan pada lokasi perencanaan. Pada lokasi yang terjadi diwilayah resiko rawan kegempaan tinggi dengan kategori desain seismik D, E, dan F direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), namun untuk lokasi yang terjadi diwilayah resiko kegempaan sedang dengan kategori desain seismik C direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Dan pada lokasi yang terjadi di wilayah resiko kegempaan rendah dengan kategori desain seismik A dan B direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB).

Dalam Tugas Akhir ini Gedung Perkuliahan 6 Lantai masuk dalam kategori resiko bangunan IV difungsikan sebagai fasilitas pendidikan. Bangunan ini direncanakan berada di wilayah Sumenep dengan mengambil 3 titik sampel tanah pada daerah tersebut. Sehingga diperoleh borlog 1 : tanah keras, borlog 2 : tanah sedang, dan borlog 3 : tanah sedang, dengan nilai respon spektra percepatan untuk perioda 1 detik ( $S_1$ ) di batuan dasar ( $S_b$ ) sebesar 0.05- 0.1g dan nilai respon spektra percepatan untuk perioda pendek ( $S_s$ ) di batuan dasar ( $S_b$ ) sebesar 0.2 – 0.25g. Dikarenakan data tanah berbeda pada masing-masing titik. Maka diambil data tanah yang kemungkinan memiliki struktur tanah dengan kondisi

yang paling buruk. Pada nilai uji SPT dengan melihat korelasi nilai N-Value, didapat pada borlog 2 dengan kondisi tanah sedang. Oleh karena itu, bangunan Gedung Perkuliahan 6 lantai ini masuk dalam kategori desain seismic (KDS) C dengan probabilitas keruntuhan bangunan 10% dalam 50 tahun. Sehingga dapat direncanakan dengan metode SRPMM. Dengan menggunakan SRPMM diharapkan mampu memikul beban gempa yang terjadi yang berdasarkan pada *SNI 1726:2012*.

### **1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan sistem struktur yang optimal untuk gedung perkuliahan 6 lantai?
2. Bagaimana merencanakan struktur gedung perkuliahan 6 lantai dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)?
3. Bagaimana menuangkan hasil perhitungan struktur gedung perkuliahan 6 lantai dikedalam gambar teknik?
4. Bagaimana menghitung volume pembesian pada portal yang ditentukan untuk gedung perkuliahan 6 lantai?

### **1.3. Batasan Masalah**

Adapun batasan permasalahan dari penyusunan tugas akhir ini adalah:

1. Pada Tugas Akhir ini tidak meninjau perhitungan pondasi.
2. Pada Tugas Akhir ini tidak meninjau analisa biaya, manajemen konstruksi dan segi arsitektural.
3. Pada Tugas Akhir ini hanya dilakukan perhitungan untuk volume pembesian pada 2 portal yang ditentukan yaitu portal melintang dan portal memanjang.
4. Perencanaan beban gempa dihitung dengan menggunakan analisa beban gempa statik ekuivalen (*SNI 1726:2012*).
5. Pada tugas akhir ini tidak meninjau perhitungan Lift.

#### 1.4. Tujuan

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menghasilkan perencanaan struktur gedung perkuliahan 6 lantai dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) yang tahan gempa sesuai dengan peraturan *SNI 1726:2012*.
2. Dapat menuangkan hasil perhitungan struktur gedung perkuliahan 6 lantai menggunakan gambar teknik.
3. Dapat menghitung volume pembesian pada gedung perkuliahan 6 lantai.

#### 1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan akan didapat dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah:

1. Mendapatkan pemahaman mengenai perencanaan struktur gedung dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) yang tahan gempa sesuai dengan peraturan *SNI 1726:2012*.
2. Mendapatkan pemahaman mengenai penggambaran teknik yang sesuai dengan perhitungan.
3. Mendapatkan pemahaman mengenai perhitungan volume pembesian pada gedung perkuliahan 6 lantai.

#### 1.6 Data Perencanaan

- Data Umum Bangunan
 

Nama Proyek	: Gedung Perkuliahan 6 Lantai
Lokasi Proyek	: Sumenep Madura Jawa Timur
Jumlah Lantai	: 6 Lantai
Tinggi Bangunan	: 33.35 m
Luas Bangunan	: 441.975 m <sup>2</sup>
Struktur Atap	: Pelat Beton
Struktur Bangunan Atas	: menggunakan Beton Bertulang

➤ Data Bahan

Mutu beton ( $f_c'$ ) : 25 Mpa  
Mutu baja ( $f_y$ ) : 390 MPa  
Sengkang : 240 MPa  
Modulus Elastisitas ,  $E_c$  :  $4700\sqrt{f_c'}$

➤ Data Tanah

Data tanah yang digunakan adalah data tanah hasil penyelidikan lab tanah ITS Manyar dimana letak penyelidikan berlokasi di Sumenep Jawa Timur.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Tinjauan pustaka berikut ini menjelaskan secara garis besar mengenai teori yang digunakan agar perencanaan struktur gedung dapat memenuhi kriteria kekuatan dan kelayakan yang dibutuhkan sebuah gedung. Adapun peraturan yang digunakan dapat dilihat di tabel 2.1 di bawah ini:

**Tabel 2.1 Peraturan yang Digunakan**

<b>No.</b>	<b>Peraturan</b>	<b>Tentang</b>
1	SNI 2847:2013	Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung
2	SNI 1726:2012	Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung
3	SNI 1727:2013	Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lainnya

### **2.1 Umum**

Dalam merancang sebuah bangunan struktur, ada banyak hal yang harus diperhatikan. Tidak hanya material pembentuk struktur apakah baja atau beton. Tetapi juga fungsi gedung yang akan dipakai, apakah untuk apartemen, perkantoran, sekolah, atau rumah sakit. Dalam merancang sebuah bangunan struktur, kita harus mengecek beberapa hal yang harus diperhatikan diantaranya:

- Sistem Rangka Pemikul Momen yang digunakan
- Pembebanan
- Daktilitas

## 2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen

SRPM adalah singkatan dari Sistem Rangka Pemikul Momen, atau Moment Resisting Frame. Istilah ini sering kita dengar pada pembahasan mengenai struktur gedung tahan gempa. SRPM merupakan salah satu "pilihan" sewaktu merencanakan sebuah bangunan tahan gempa. Ciri-ciri SRPM antara lain: Beban lateral khususnya gempa, ditransfer melalui mekanisme lentur antara balok dan kolom. Jadi, peranan balok, kolom, dan sambungan balok kolom di sini sangat penting; Tidak menggunakan dinding geser. Walaupun ada dinding, dinding tersebut tidak didesain untuk menahan beban lateral; Tidak menggunakan bresing (bracing). Dalam hal ini, bangunan tersebut dapat dianalisis sebagai SRPM pada arah sumbu kuat kolom. SRPM dibagi menjadi tiga tingkatan, yaitu:

1. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), untuk daerah yang berada di wilayah gempa dengan kategori disain seismik (KDS) A dan B.
2. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), untuk daerah yang berada di wilayah gempa dengan kategori disain seismik (KDS) A, B, dan C.
3. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), untuk daerah yang berada di wilayah gempa dengan kategori disain seismik (KDS) A, B, D, E, dan F.

Prinsip dari sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM) yaitu :

1. Keruntuhan geser tidak boleh terjadi sebelum keruntuhan lentur
  - Keruntuhan geser bersifat mendadak (tidak memberi kesempatan penghuni untuk menyelamatkan diri) => harus dihindari
  - Penulangan geser pada balok dan kolom dihitung berdasar kapasitas tulangan lentur terpasang (bukan dari hasil analisa struktur)

- Balok dipaksa runtuh akibat lentur terlebih dahulu dengan membuat kuat geser melebihi kuat lentur
- 2. Strong column weak beam (Kolom kuat balok lemah)
  - Kerusakan dipaksakan terjadi pada balok
  - Hubungan Balok Kolom harus didesain sesuai persyaratan gempa

## **2.1 Ketentuan Struktur Untuk Sistem Rangka Persyaratan Struktur Primer**

### **2.1.1 Balok**

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.4, balok harus memenuhi pasal 21.3.4.1 sampai 21.3.4.3. Berikut ini penjelasannya:

- Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.1, kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sebarang penampang sepanjang panjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.
- Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.2, pada kedua ujung balok, sengkang harus disediakan sepanjang panjang tidak kurang dari  $2h$  diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari:
  - a.  $d/4$ ,
  - b. Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil,
  - c. 24 kali diameter sengkang, dan

d. 300 mm.

- Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.3, sengkang harus dispasikan tidak lebih dari  $d/2$  sepanjang panjang balok.

### 2.1.2 Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.5, kolom harus ditulangi secara spiral sesuai dengan pasal 7.10.4 yang menjelaskan tentang tulangan spiral untuk komponen struktur tekan, atau harus memenuhi pasal 21.3.5.2 hingga 21.3.5.6.

- Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.5.2, pada kedua ujung kolom, sengkang harus disediakan dengan spasi  $s_o$  sepanjang panjang  $l_o$  diukur dari muka joint. Spasi  $s_o$  maksimum dari nilai yang terkecil dari :

- a. Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil,
- b. 24 kali diameter sengkang ikat,
- c. Setengah dimensi penampang terkecil komponen struktur, dan
- d. 300 mm.

Panjang  $l_o$  minimum dari nilai yang terbesar dari :

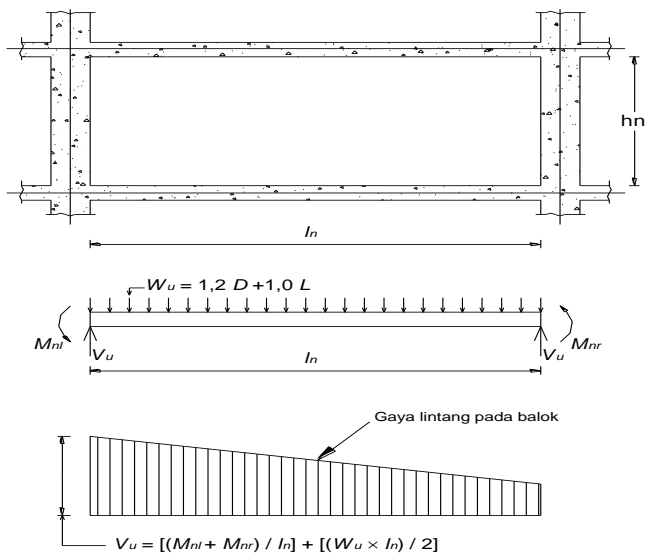
- a. Seperenam tinggi bersih kolom,
- b. Dimensi terbesar penampang kolom, dan
- c. 450 mm.

- Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.5.3, sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari  $s_o/2$  dari muka joint.
- Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.5.4, di luar panjang  $l_o$ , spasi tulangan transversal harus memenuhi pasal 7.10 tentang tulangan transversal pada komponen struktur tekan dan pasal 11.4.5.1 yang menjelaskan bahwa spasi tulangan geser yang dipasang tegak lurus terhadap sumbu komponen

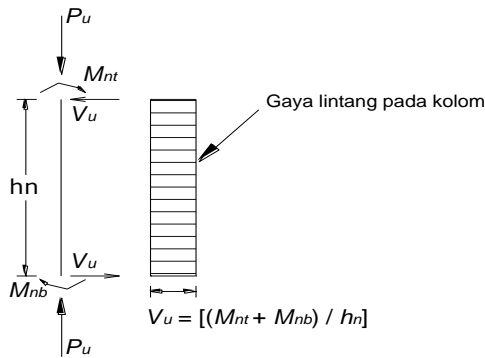


struktur tidak boleh melebihi  $d/2$  pada komponen struktur non-prategang dan  $0,75h$  pada komponen struktur prategang, ataupun 600 mm.

- Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.5.5, tulangan transversal joint harus memenuhi pasal 11.10 tentang penyaluran momen ke kolom.
- Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.5.6, kolom yang menumpu reaksi dari komponen struktur kaku tak menerus, seperti dinding, harus disediakan dengan tulangan transversal dengan spasi ( $s_o$ ). Bila gaya desain harus diperbesar, maka  $(A_g f_c' / l_0)$  yang merupakan batas terhadap gaya tekan aksial ( $P_u$ ) harus ditingkatkan menjadi  $(A_g f_c' / 4)$ .



**Gambar 2.1 Gaya Lintang Pada Balok Akibat Beban Gravitasi Terfaktor**



**Gambar 2.2 Gaya Lintang Pada Kolom Akibat Beban Gravitasi Terfaktor**

## 2.2 Kekuatan Geser

### 2.2.1 Geser Balok

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.3.1, kuat geser rencana balok ( $\phi V_n$ ) yang menahan pengaruh gempa (E) tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari (a) dan (b):

- Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.3.1.a bahwa jumlah geser yang terkait dengan pengembangan kekuatan lentur nominal ( $M_n$ ) balok pada setiap ujung bentang bersih yang terkekang akibat lentur kurvatur balik dan geser yang dihitung untuk beban gravitasi terfaktor.
- Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.3.1.b bahwa geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain yang melibatkan pengaruh gempa (E), dengan E diasumsikan sebesar dua kali yang ditetapkan oleh tata cara bangunan umum yang diadopsi secara legal untuk desain tahan gempa.

### 2.2.2 Geser Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.3.2, kuat geser rencana kolom ( $\phi V_n$ ) yang menahan pengaruh gempa (E) tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari (a) dan (b):

a. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.3.2.a bahwa geser yang terkait dengan pengembangan kekuatan momen kolom pada setiap ujung terkekang dari panjang yang tak tertumpu akibat lentur kurvatur balik. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur tertinggi.

b. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.3.2.b bahwa geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain yang melibatkan E, dengan E ditingkatkan oleh  $\Omega_o$ .

Catatan :

$\Omega_o$  merupakan faktor amplifikasi untuk memperhitungkan kekuatan lebih sistem penahan gaya seismik yang ditetapkan sesuai dengan tata cara bangunan gedung umum yang diadopsi secara legal.

## 2.3 Pembebanan

Perencanaan pembebanan pada struktur gedung terdiri atas beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa.

### 2.3.1 Beban mati

Menurut SNI 1727:2013 pasal 3.1.1 beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektur dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang.

Beban Mati pada struktur ini sebagai berikut :

a) Beban Mati Pelat Lantai, terdiri dari :

- Beban Sendiri Pelat
- Beban Pasangan keramik dan spesi
- Beban Plafond dan Penggantung
- b) Beban Mati Pada Balok, terdiri dari :
  - Berat Sendiri Balok
  - Beban Mati Pelat Lantai
  - Beban dinding  $\frac{1}{2}$  batu bata
- c) Beban Mati pada Atap, terdiri dari :
  - Berat Sendiri Pelat
  - Berat Aspal
  - Berat Plafond dan Penggantung
- d) Beban Mati pada Tangga, terdiri dari :
  - Berat Sendiri pelat tangga
  - Beban anak tangga
  - Beban sendiri pelat bordes
  - Beban pasangan keramik dan spesi
  - Beban pegangan tangga atau hand railing

### 2.3.2 Beban hidup

Menurut *SNI 1727:2013* pasal 4 beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. Beban Hidup Struktur bangunan ditentukan sebagai berikut:  
Beban Hidup pada atap Gedung :

- Beban Pekerja

Beban hidup pada lantai gedung :

- Beban lantai bangunan gedung
- Beban hidup pada tangga

### 2.3.3 Beban angin

Bangunan gedung dan struktur lain, termasuk sistem penahan Beban Angin Utama (SPBAU) dan seluruh komponen dan klading gedung, harus dirancang dan dilaksanakan untuk menahan beban angin seperti yang

ditetapkan menurut pasal 26 sampai dengan pasal 31. Ketentuan dalam pasal ini mendefinisikan parameter angin dasar untuk digunakan dengan ketentuan lainnya yang terdapat dalam standar ini. (*SNI 1727:2013 pasal 26*)

#### **2.3.4 Beban Hujan**

Setiap bagian dari suatu atap harus dirancang mampu menahan beban dari semua air hujan yang terkumpul apabila sistem drainase primer untuk bagian tersebut tertutup ditambah beban merata yang disebabkan oleh kenaikan air di atas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran rencananya.

(*SNI 1727:2013 pasal 8.3*)

#### **2.3.5 Beban gempa**

Dalam perencanaan gedung perkuliahan 6 lantai ini beban gempa dihitung dengan mengacu pada peraturan *SNI 1726:2012 (Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung)*.

### **2.4.2 Kombinasi Pembebanan**

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 4.2.2 bahwa struktur, komponen-elemen struktur dan elemen-elemen fondasi harus dirancang hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sebagai berikut :

$$1,4 D$$

$$1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$$

$$1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W)$$

$$1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$$

$$1,2 D + 1,0 E + L$$

$$0,9 D + 1,0 W$$

$$0,9 D + 1,0 E$$

Keterangan:

- $D$  = beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan tetap.
- $L$  = beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain.
- $L_r$  = beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.
- $R$  = beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air.
- $W$  = beban angin.
- $E$  = beban gempa.

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

Metodologi dalam Perencanaan Gedung Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah adalah sebagai berikut:

#### **3.1 Data Perencanaan**

Data- data yang diperlukan untuk Struktur Gedung Perkuliahan 6 lantai yaitu :

##### **1. Data Bangunan**

Nama Proyek	: Gedung Perkuliahan 6 Lantai
Lokasi Proyek	: Sumenep Madura Jawa Timur
Tinggi Bangunan	: $\pm 33.35$ meter
Struktur Bangunan Atap	: Pelat atap menggunakan beton bertulang
Struktur Bangunan Atas	: Balok, kolom, pelat, dan tangga menggunakan beton bertulang

##### **2. Data Tanah**

Data tanah yang digunakan adalah data tanah hasil penyelidikan lab tanah ITS Manyar dimana letak penyidikan berlokasi di Sumenep Jawa Timur.

##### **3. Data Gambar**

Data gambar meliputi gambar denah, gambar tampak, gambar potongan, dan gambar detail struktur yang akan digunakan untuk merencanakan dimensi komponen stuktur yang berasal dari proyek.

#### **3.2 Pengumpulan Data**

Data yang dikumpulkan adalah sebagai berikut:

1. Gambar arsitektur dan Struktur
2. Data tanah

3. Peraturan dan buku penunjang lainnya sebagai dasar teori maupun pendukung

### 3.3 Preliminari Desain

Dimensi elemen struktur ditentukan dengan mengacu pada *SNI 2847:2013*. Elemen struktur yang direncanakan meliputi struktur primer dan sekunder.

#### 3.3.1 Struktur Primer

Preliminari desain struktur primer meliputi penentuan dimensi balok, kolom, dan sloof.

##### 1. Perencanaan Dimensi Balok

Untuk menentukan dimensi tinggi balok dapat menggunakan peraturan SNI 2847-2013 tabel 9.5(a)

**Tabel 3.1 : Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung**

Komponen struktur	Tebal minimum h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung	Kedua ujung	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang			
Pelat masif	1/20	1/24	1/28	1/10
Balok atau plat rusuk	1/16	1/18,5	1/21	1/8



Catatan :

Panjang bentang dalam mm.

Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan-tulangan mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai diatas harus dimodifikasikan sebagai berikut :

- a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (equilibrium density),  $w_c$ , diantara 1440 sampai 1840  $\text{kg/m}^3$ , nilai tadi harus dikalikan dengan  $(1,65 - 0,0003 w_c)$  tetapi tidak kurang dari 1,09.

- Dalam menentukan nilai dimensi pada balok yaitu sebagai berikut :

Dimensi Tinggi  $h$  pada Balok Induk

$$H \geq \frac{1}{16} \times l \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right), \text{ Jika } F_y \text{ selain } 420 \text{ Mpa}$$

Dimensi Tinggi  $h$  pada Balok Anak

$$H \geq \frac{1}{21} \times l \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right), \text{ Jika } F_y \text{ selain } 420 \text{ Mpa}$$

## 2. Perencanaan Dimensi Sloof

Untuk menentukan dimensi tinggi sloof dapat menggunakan peraturan SNI 2847-2013 tabel 9.5(a)

Dimensi Tinggi  $h$  pada Sloof

$$H \geq \frac{1}{16} \times l \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right), \text{ Jika } F_y \text{ selain } 420 \text{ Mpa}$$

Sedangkan, untuk menentukan lebarnya ( $b$ ) balok dan sloof dapat diambil  $2/3$  dari tingi ( $h$ ) balok yang telah dihitung.

## 3. Perencanaan Dimensi Kolom

Berdasarkan *SNI 2847:2013* pasal 8.10.1, kolom harus dirancang untuk menahan gaya aksial dari beban terfaktor pada semua lantai atau atap. Perencanaan dimensi kolom didapatkan dari rumus sebagai berikut :

$$\frac{I_{\text{kolom}}}{l_{\text{kolom}}} \geq \frac{I_{\text{balok}}}{l_{\text{balok}}}$$

Keterangan :

$I_{\text{kolom}}$  = inersia kolom  $\left(\frac{1}{12} \times b \times h^3\right)$

$l_{\text{kolom}}$  = tinggi bersih kolom

$I_{\text{balok}}$  = inersia balok  $\left(\frac{1}{12} \times b \times h^3\right)$

$l_{\text{balok}}$  = tinggi bersih balok

### 3.3.2 Struktur Sekunder

Preliminari desain struktur sekunder meliputi penentuan dimensi pelat, tangga, dan rangka atap.

#### 1. Penentuan Dimensi Pelat

Berdasarkan *SNI 2847:2013 pasal 9.5*, komponen struktur beton bertulang yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi defleksi atau deformasi apapun yang dapat memperlemah kekuatan ataupun mengurangi kemampuan layan struktur pada beban kerja.

Penentuan dimensi pelat dibedakan menjadi dua, yaitu pelat satu arah dan pelat dua arah.

#### ➤ Perencanaan Pelat Satu Arah

Pelat satu arah terjadi apabila  $L_y/L_x > 2$ ; dimana  $L_y$  adalah bentang panjang dan  $L_x$  adalah bentang pendek.

*SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.1* menyatakan bahwa tebal minimum yang ditentukan dalam *SNI 2847:2013 tabel 9.5(a)* berlaku untuk konstruksi satu arah yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar, kecuali bila perhitungan lendutan menunjukkan bahwa ketebalan yang lebih kecil dapat digunakan tanpa pengaruh yang merugikan.

**Tabel 3. 1 Tebal Minimum Balok Non Prategang atau Pelat Satu Arah Bila Lendutan Tidak Dihitung**  
(SNI 2847:2013, Tabel 9.5(a))

Komponen Struktur	Tebal Minimum (h)			
	Tertumpu Sederhana	Satu Ujung Menerus	Kedua Ujung Menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat massif satu arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok atau pelat rusuk satu arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$
<p><b>CATATAN:</b>  Panjang bentang dalam mm  Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:  (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (<i>equilibrium density</i>), <math>W_c</math>, di antara 1440 sampai 1840 kg/m<sup>3</sup>, nilai tadi harus dikalikan dengan <math>(1,65 - 0,0003 W_c)</math> tetapi tidak kurang dari 1,09.  (b) Untuk <math>f_y</math> selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan <math>(0,4 + f_y/700)</math></p>				

➤ **Perencanaan Pelat Dua Arah**

Pelat dua arah terjadi apabila  $L_y/L_x < 2$ ; dimana  $L_y$  adalah bentang panjang dan  $L_x$  adalah bentang pendek.

- Untuk  $\alpha_m$  yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan tebal minimum pelat tanpa balok interior yang menghubungkan tumpuan-tumpuannya dan

mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari dua dan tidak boleh kurang dari nilai berikut:

- Tanpa pennebalan > 125 mm
- Dengan pennebalan > 100 m

**Tabel 3.2. Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior\***

Tegangan leleh, $f_y$ MPa <sup>†</sup>	Tanpa Penebalan <sup>‡</sup>			Dengan Penebalan <sup>‡</sup>		
	Panel Eksterior		Panel Interior	Panel Eksterior		Panel Interior
	Tanpa Pinggir Balok	Dengan Balok Pinggir <sup>§</sup>		Tanpa Balok Pinggir	Dengan Balok Pinggir <sup>§</sup>	
280	$l_n / 33$	$l_n / 36$	$l_n / 36$	$l_n / 36$	$l_n / 40$	$l_n / 40$
420	$l_n / 30$	$l_n / 33$	$l_n / 33$	$l_n / 33$	$l_n / 36$	$l_n / 36$
520	$l_n / 28$	$l_n / 31$	$l_n / 31$	$l_n / 31$	$l_n / 34$	$l_n / 34$

\*Untuk konstruksi dua arah ( $l_n$ ) adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.

<sup>†</sup>Untuk  $f_y$  antara nilai yang diberikan dalam table, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.

<sup>‡</sup>Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5

<sup>§</sup>Pelat dengan balok di antara kolom kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai  $\alpha_f$  untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

(SNI 2847:2103, Tabel 9.5(c))

- Untuk  $\alpha_m$  lebih besar dari 0,2 tidak lebih dari 2,0 h, ketebalan pelat minimum harus memenuhi persamaan berikut

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)}$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm

- Untuk  $\alpha_m$  lebih besar dari 2h, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari persamaan berikut

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

- Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekuatan  $\alpha_1$  tidak kurang dari 0,8 atau sebagai alternatif ketebalan minimum yang ditentukan persamaan 9.12 dan 9.13 harus dinaikkan paling tidak 10% pada panel dengan tepi yang tidak menerus.

## 2. Penentuan Dimensi Tangga

Ukuran anak tangga dapat digunakan rumus:

- Panjang miring tangga :

$$L = \sqrt{(\text{tinggi bordes})^2 + (\text{panjang tangga})^2}$$

- Sudut Kemiringan Tangga :

$$\alpha = \arctan \frac{t}{i}$$

- Syarat Sudut Kemiringan

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

- Syarat Lebar Tanjakan Dan Tinggi Injakan

$$60^\circ \leq 2t_i \leq 65^\circ$$

- Jumlah Tanjakan

$$n_t = \frac{\text{tinggi pelat tangga}}{t}$$

- Jumlah Injakan

$$n_i = n_t - 1$$

- Tebal efektif pelat tangga

$$h_e = \frac{i \times t}{\text{panjang miring anak tangga}}$$

Keterangan :

t = tinggi bidang ijakan (optrede)

i = lebar bidang ijakan (aantrede)

T =  $\sum t$

I =  $\sum i$

### 3. Penentuan Dimensi Atap

Struktur atap menggunakan struktur beton bertulang sehingga perhitungan sama dengan pelat lantai.

## 3.4 Perhitungan Pembebanan

Perhitungan beban - beban yang bekerja disesuaikan dengan peraturan pembebanan. Analisa pembebanan adalah sebagai berikut:

### 3.4.1. Beban Mati

Beban Mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektur dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang

(SNI 1727:2013 pasal 3.1.1)

### 3.4.2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, atau beban mati.

(SNI 1727:2013 pasal 4)

### 3.4.3. Beban angin

Bangunan gedung dan struktur lain, termasuk sistem penahan Beban Angin Utama (SPBAU) dan seluruh komponen dan klading gedung, harus dirancang dan dilaksanakan untuk menahan beban angin seperti yang ditetapkan menurut pasal 26 - pasal 31. Ketentuan dalam pasal ini mendefinisikan parameter angin dasar untuk digunakan dengan ketentuan lainnya yang terdapat dalam standar ini.

*(SNI 1727:2013 pasal 26)*

### 3.4.4. Beban Hujan

Setiap bagian dari suatu atap harus dirancang mampu menahan beban dari semua air hujan yang terkumpul apabila sistem drainase primer untuk bagian tersebut tertutup ditambah beban merata yang disebabkan oleh kenaikan air di atas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran rencananya.

*(SNI 1727:2013 pasal 8.3)*

Dimana,

$$R = 0,0098 (ds+dh)$$

Keterangan :

R = beban air hujan pada atap yang tidak melendut, dalam  $\text{kN/m}^2$ . Apabila istilah atap yang tidak melendut digunakan, lendutan dari beban (termasuk beban mati) tidak perlu diperhitungkan ketika menentukan jumlah air hujan pada atap.

Ds = kedalaman air pada atap yang tidak melendut meningkat ke lubang masuk sistem drainase sekunder apabila sistem drainase primer tertutup (tinggi statis), dalam (mm).

dh = tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut meningkat ke lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran air rencana (tinggi hidrolik), dalam (mm).

### 3.4.5. Beban gempa

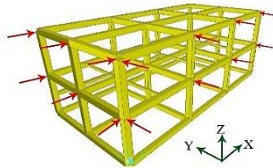
Beban Gempa dihitung setelah seluruh beban-beban yang terjadi pada struktur bangunan ini telah diidentifikasi dan diketahui seberapa besar jumlahnya. Ada dua metode yang sering digunakan dalam perhitungan gempa rencana, yaitu metode Analisa statik ekuivalen dan metode Analisa respon spektrum.

#### Metode Analisa Statik Ekuivalen

Perhitungan beban gempa dilakukan dengan menggunakan perhitungan gempa secara manual dan disesuaikan dengan zona dimana bangunan tersebut akan dibangun. Perhitungan beban gempa dihitung sesuai *SNI 03:1726:2012*

#### Arah Kriteria Pembebanan

Arah penerapan gaya gempa untuk kategori desain seismik C menggunakan *SNI 1726:2012* pasal 7.5.3.a yang menetapkan bahwa 100% gaya untuk satu arah ditambah 30% gaya untuk tegak lurus.



**Gambar 3.1 Arah gaya gempa**

#### Perhitungan Beban Gempa

Perencanaan beban gempa dapat dianalisa dengan prosedur sebagai berikut:

1. Perhitungan nilai SPT rata-rata ( $\bar{N}$ ).

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}} \quad (1)$$



Keterangan :

$N_i$  = tahanan penetrasi standar 60 persen energi ( $N_{60}$ ) yang terukur langsung di lapangan tanpa koreksi.

$d_i$  = tebal setiap lapisan antara kedalaman 0 sampai 30m.

- Menentukan klasifikasi situs tanah sesuai SNI 1726:2012 pasal 5.3 dengan menggunakan SPT rata-rata ( $\bar{N}$ ). Berikut ini tabel 2.2 tentang klasifikasi situs:

**Tabel 3.3. Klasifikasi Situs**

Kelas Situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air, $w \geq 40 \%$ , 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah		

analisis respon spesifik – situs yang mengikuti 6.10.1)	tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$ ) -Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa
---	--

(SNI 1726:2012, Tabel 3)

Catatan: N/A = tidak dapat dipakai

- Menentukan Kategori Desain Seismik (KDS) sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 6.5. Berikut ini tabel 2.3 dan 2.4 mengenai ketentuan KDS :

**Tabel 3.4 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek**

Nilai $S_{DS}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

(SNI 1726:2012, Tabel 6)

**Tabel 3.5 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik**

Nilai $S_{D1}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

(SNI 1726:2012, Tabel 7)

4. Menentukan parameter percepatan gempa ( $S_s$ ,  $S_1$ )  
 Parameter  $S_s$  (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan  $S_1$  (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dengan menggunakan Peta *Hazard* Gempa Indonesia 2010.

**Tabel 3.6 Koefisien Situs ( $F_a$ )**

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,0$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS <sup>b</sup>				

(SNI 1726:2012, Tabel 4)

5. Menentukan koefisien situs periode pendek ( $F_a$ ) dan periode 1 detik ( $F_v$ ) sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 6.2. Berikut ini tabel 2.5 dan 2.6 mengenai koefisien situs:

**CATATAN:**

- Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier
- SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

**Tabel 3.7 Koefisien Situs ( $F_v$ )**

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$				
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS <sup>b</sup>				

(SNI 1726:2012, Tabel 5)

**CATATAN:**

Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier  
 SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

- Menentukan parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) sesuai SNI 1726-2012 pasal 6.2

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad (2)$$

- Menentukan parameter spektrum respons percepatan pada periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) sesuai SNI 1726-2012 pasal 6.2

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad (3)$$

- Menentukan parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek ( $S_{DS}$ ) sesuai SNI 1726-2012 pasal 6.3

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} \quad (4)$$

- Menentukan parameter percepatan spektral desain untuk periode 1 detik ( $S_{D1}$ ) sesuai SNI 1726-2012 pasal 6.3

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} \quad (5)$$

- Menentukan besar periode ( $T$ ) sesuai SNI 1726-2012 pasal 7.8.2.1

$$T_a = C_t \times h_n^x \quad (6)$$

Keterangan:

$h_n$  = tinggi bangunan (m)

$C_t$  = 0.0466 (ditentukan tabel 2.7)

$X$  = 0.9 (ditentukan tabel 2.7)

**Tabel 3.8 Nilai Parameter Periode Pendekatan  $C_t$  dan  $X$** 

<b>Tipe struktur</b>	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 <sup>a</sup>	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 <sup>a</sup>	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 <sup>a</sup>	0,75

(SNI 1726:2012, Tabel 15)

Jika  $T_c > C_u \cdot T_a$  maka gunakan  $T = C_u \cdot T_a$ Jika  $T_a < T_c < C_u \cdot T_a$  maka gunakan  $T = T_c$ Jika  $T_c < T_a$  maka gunakan  $T = T_a$ 

Keterangan:

 $T_c$  : Periode fundamental struktur diperoleh dari Analisa struktur $T_a$  : Periode fundamental pendekatan $C_u$  : Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung (ditentukan di tabel 2.8)**Tabel 3.9 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung**

<b>Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, <math>S_{D1}</math></b>	<b>Koefisien <math>C_u</math></b>
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4

0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

(SNI 1726:2012, Tabel 14)

11. Membuat respons spektrum gempa sesuai SNI 1726:2012 pasal 6.4

- Untuk perioda lebih kecil dari  $T_0$

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (7)$$

- Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil atau sama dengan  $T_s$

$$S_a = S_{DS} \quad (8)$$

- Untuk perioda lebih besar dari  $T_s$

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (9)$$

**Tabel 3.10 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung**

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar	II

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>- Bangunan industri</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>	
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioskop</li> <li>- Gedung pertemuan</li> <li>- Stadion</li> <li>- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas penitipan anak</li> <li>- Penjara</li> <li>- Bangunan untuk orang jompo</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>- Fasilitas penanganan air</li> <li>- Fasilitas penanganan limbah</li> <li>- Pusat telekomunikasi</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak</p>	III

<p>di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bangunan-bangunan monumental</li> <li>- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>- Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> <li>- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran ) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat.</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	<p style="text-align: center;">IV</p>



12. Menentukan kategori resiko struktur bangunan dan faktor keamanan sesuai dengan *SNI 1726:2012* pasal 4.1.2 sebagaimana dicantumkan tabel 3.10 dibawah ini:

(*SNI 1726:2012, Tabel 1*)

**Tabel 3.11 Faktor Keutamaan Gempa**

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa ( $I_e$ )
I atau II	1.00
III	1.25
IV	1.50

(*SNI 1726:2012, Tabel 2*)

13. Menentukan nilai koefisien modifikasi respon ( $R$ ) sesuai *SNI 1726:2012* pasal 7.2.2, sebagaimana dicantumkan dalam tabel dibawah ini :

**Tabel 3.12 Faktor  $R$ ,  $C_d$ , dan  $\Omega_0$  untuk Sistem Penahan Gaya Gempa**

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_0^a$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^b$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_x$ (m) <sup>c</sup>				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D <sup>d</sup>	E <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>
24.Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25.Rangka baja dengan bracing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26.Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
<b>C.Sistem rangka pemikul momen</b>								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 <sup>6/7</sup>	TI <sup>8</sup>	TI <sup>9</sup>
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI <sup>8</sup>	TI <sup>8</sup>	TI <sup>9</sup>
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canal dingin pemikul momen khusus dengan pembuatan	3½	3 <sup>8</sup>	3½	10	10	10	10	10

(*SNI 1726-2012, Tabel 9*)

- Faktor modifikasi respons,  $R$ , untuk penggunaan pada keseluruhan tata cara
- Faktor pembesaran defleksi,  $C_d$ , untuk penggunaan dalam pasal 7.8.6, 7.8.7 dan 7.9.2
- TB = Tidak Dibatasi dan TI = Tidak Dijinkan.

- d. Lihat pasal 7.2.5.4 untuk penjelasan sistem penahan gaya gempa yang dibatasi sampai bangunan dengan ketinggian 72 m atau kurang.
  - e. Lihat pasal 7.2.5.4 untuk sistem penahan gaya gempa yang dibatas sampai bangunan dengan ketinggian 48 m atau kurang.
14. Menghitung gaya geser dasar seismik (V)

$$V = C_x \times W \quad (10)$$

(SNI 1726:2012) pasal 7.8.1

Keterangan:

$C_s$  = Koefisien Respon Seismik yang ditentukan sesuai dengan 7.8.1.1.

$W$  = Berat seismik efektif menurut 7.7.2.

Sehingga,

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (11)$$

(SNI 1726:2012) pasal 7.8.1.1

Keterangan :

$S_{ds}$  = parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang periode pendek seperti ditentukan dalam 6.3 atau 6.9

$R$  = faktor modifikasi respons dalam *tabel 9*

$I_e$  = faktor keutamaan gempa yang ditentukan sesuai dengan 4.1.2.

Nilai  $C_s$  yang dihitung sesuai persamaan 11 tidak perlu melebihi berikut ini :

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (12)$$

(SNI 1726:2012) pasal 7.8.1.1

$$V = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \times W \quad (13)$$

Sehingga,

Keterangan:

$V$  = Gaya geser dasar seismik

$S_{D1}$  = Parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang perioda 1 detik.

15. Menghitung distribusi vertikal gaya gempa ( $F_x$ )

$$F_x = C_{vx} \times V \quad (14)$$

$$C_{vx} = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot h_i^k} \quad (15)$$

Sehingga,

$$F_x = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot h_i^k} \times V \quad (16)$$

(SNI 1726:2012) pasal 7.8.3

Keterangan :

- $C_{vx}$  = Faktor distribusi vertikal  
 $V$  = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur, dinyatakan dalam kilonewton ( kN)  
 $W_i$  dan  $w_x$  = bagian berat seismic efektif total struktur ( $W$ ) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat I atau x.  
 $H_i$  dan  $h_x$  = tinggi dari dasar sampai tingkat I atau x ,dinyatakan dalam meter (m)  
 $F_x$  = gaya deser dasar di tingkat x  
 $K$  = eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut :

- Untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 0.5 detik atau kurang,  $k= 1$ .
- Untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 2.5 detik atau lebih,  $k= 2$
- Untuk struktur yang mempunyai perioda antara 0.5 dan 2.5 detik,  $k$  harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier 1 dan 2.

### 3.5 Analisis Struktur

Dalam Tugas Akhir ini bangunan gedung difungsikan sebagai Gedung sekolah. Pemodelan struktur bangunan ini menggunakan analisis sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM), dan menggunakan bantuan program SAP 2000 dengan model 3D.

Dalam SAP 2000 komponen struktur gedung dimodelkan seperti balok, kolom, pelat lantai, pelat tangga, dan sloof. Selain itu perlakuan permodelan bangunan struktur gedung ini menggunakan jepit, perhitungan pembebanan gempa menggunakan statik ekuivalen.

### 3.6 Analisa Gaya Dalam

Gaya dalam adalah gaya – gaya yang muncul pada suatu elemen struktur sebagai akibat dari munculnya beban yang diterima oleh elemen struktur. Gaya dalam yang menyebabkan pelenturan disebut gaya momen. Komponen struktur yang menerima gaya tegak lurus dengan arah sumbu batang disebut gaya lintang. Sedangkan komponen struktur yang menerima gaya searah dengan sumbu batang disebut gaya normal. Nilai gaya dalam diperoleh dari kombinasi pembebanan sesuai dengan *SNI 1726:2012 pasal 4.2*, Sebagai Berikut :

Bahwa Struktur, Komponen, elemen struktur dan elemen-elemen fondasi harus dirancang hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sebagai berikut :

1,4 D

1D + 1L

1,2 D + 1,6 L

1,2 D + 1,6 L + 0,5 La

1,2 D + 1,6 La + L

1,2 D + 1,6 R + L

1,2 D + 1,6 R + 0,5 W

1,2 D + 1,0 W + L + 0.5 La

1,2 D + 1.6 L + 0.5 R

$$1,2 D + 1,0 W + L + 0.5 R$$

$$1,2 D + 1,0 E_x + 0,3 E_y + L$$

$$1,2 D + 1,0 E_y + 0,3 E_x + L$$

$$0,9 D + 1,0 W$$

$$0,9 D + 1,0 E_x + 0,3 E_y$$

$$0,9 D + 1,0 E_y + 0,3 E_x$$

Keterangan:

$D$  = beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi

permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan tetap.

$L$  = beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain.

$L_r$  = beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.

$R$  = beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air.

$W$  = beban angin.

$E_x$  = beban gempa arah x.

$E_y$  = beban gempa arah y.

### 3.7. Perhitungan Penulangan Struktur

#### 3.7.1. Penulangan Struktur Primer :

##### 3.7.1.1. Balok

- Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada penampang sepanjang panjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint. (SNI 2847:2013 Pasal 21.3.4.1)

- Pada kedua ujung balok, sengkang harus disediakan sepanjang panjang tidak kurang dari **2h** diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari (a), (b), (c), dan (d). (SNI 2847:2013 Pasal 21.3.4.2)

(a)  $d/4$

(b) Delapan kali diameter batang tulangan longitudinal terkecil yang dilingkupi.

(c) 24 kali diameter batang tulangan sengkang

(d) 300 mm.

- Sengkang harus dispasikan tidak lebih dari **d/2** sepanjang panjang balok. (SNI 2847:2013 Pasal 21.3.4.3)

#### a. Perhitungan Penulangan Lentur Balok

1. Menentukan momen tumpuan dan lapangan pada balok yang didapat dari program SAP 2000.
2. Rencanakan  $f_c'$ ,  $f_y$ ,  $d$ ,  $d'$

$$d = b_w - \text{decking} - \emptyset \text{sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{tul. utama}$$

$$d' = \text{decking} + \emptyset \text{sengkang} + \frac{1}{2} \emptyset \text{tul. utama}$$

$$3. \quad M_n = \frac{M_u}{\phi} \quad (\text{SNI 2847-2013, Pasal 22.5.1})$$

$$\text{Dimana, } \phi = 0.9 \quad (\text{SNI 2847-2013, Pasal 9.3.2.1})$$

$$4. \quad \rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f_c'}}{f_y} \quad (\text{SNI 2847-2013, Pasal 10.5.1})$$

$$5. \quad \rho_{\max} = 0.75 \cdot \rho_b \quad (\text{SNI 2847-2013, Lampiran B10.3.3})$$

$$6. \quad \rho_b = \frac{0.85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (\text{SNI 2847-2013, Lampiran B8.4.2})$$

$$\text{Dimana, } \beta_1 = 0.85 \quad (\text{SNI 2847-2013, Pasal 10.2.7.3})$$

$$7. \quad m = \frac{f_y}{0.85 \cdot f_c'} \quad (\text{Wang, C. Salmon hal.55 pers 3.8.4.a})$$

$$8. \quad R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2}$$

$$9. \quad \rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \quad (\text{Wang, C. Salmon hal.55 pers}$$

3.8.4.a)

$$10. \quad x_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d$$

$$11. \quad x_r \leq 0,75 x_b$$

$$12. \quad A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x_r}{f_y}$$

$$13. \quad M_{nc} = A_{sc} \cdot F_y \cdot \left( d' - \frac{\beta \cdot x_r}{2} \right)$$

$$14. \quad M_{ns} = M_n - M_{nc} = \frac{M_u}{\phi} - M_{nc}$$

- Cek Tulangan Rangkap / Tunggal
- Jika  $M_n - M_{nc} > 0$ , maka perlu tulangan rangkap. Untuk menentukan tulangan rangkap berikut langkah-langkahnya:

$$C_s = T_2 = \frac{M_n - M_{nc}}{d - d''}$$

$$f_{sr} = \left( \frac{1 - d''}{x} \right) \times 600$$

Jika  $f_{sr} > f_y$ , maka tulangan tekan leleh

Jika  $f_{sr} = f_y$ , maka tulangan tekan

Jika  $f_{sr} < f_y$ , maka tulangan tekan tidak leleh

$$\text{Tulangan tekan perlu (As')} = \frac{C_{s'}}{(f_{sr} - 0,85 \cdot f_c')}$$

$$\text{Tulangan Tarik tambahan (Ass)} = \frac{T_2}{f_y}$$

- Jika  $M_n - M_{nc} < 0$ , maka perlu tulangan tunggal. Untuk menentukan tulangan tunggal berikut langkah-langkahnya:

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right)$$

Jika  $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$  maka  $\rho_{\text{perlu}}$  dinaikan 30 %,  
Sehingga ;

$\rho_{\text{pakai}} = 1,3 \times \rho_{\text{perlu}}$

$A_s_{\text{perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$

Jika  $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}}$  maka dimensi balok diperbesar.

- Tulangan perlu

$A_s = A_{sc} + A_{ss}$

$A_s = A_s'$

- Kontrol jarak spasi tulangan berdasarkan SNI 2847:2013  
Pasal 7.6.2 yaitu:

$$s = \frac{bw - 2x_{\text{decking}} - 2x_{\text{dsengkang}} - nx\emptyset b}{n - 1}$$

$> 25 \text{ mm}$

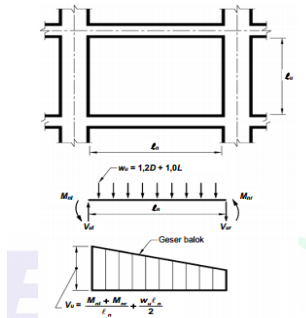
- Kontrol kekuatan sesuai SNI 2847:2013, Pasal 22.5.1  
 $\phi M_n \geq M_u$

#### **b. Perhitungan Tulangan Geser Balok**

1. Menentukan  $V_u$  tumpuan, dan lapangan yang diperoleh dari program SAP 2000.
2. Menentukan  $V_c$ , dan  $V_s$   
 $\phi V_n$  balok yang menahan pengaruh gempa,  $E$ , tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari (a) dan (b):
  - Jumlah geser yang terkait dengan pengembangan  $M_n$  balok pada setiap ujung bentang bersih yang terkekang akibat lentur kurvatur balik dan geser yang dihitung untuk beban gravitasi terfaktor (Gambar 3.2)
  - Geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain yang melibatkan  $E$ , dengan  $E$  diasumsikan sebesar dua kali yang yang ditetapkan oleh tata cara bangunan umum yang diadopsi secara legal untuk desain tahan gempa.

*SNI 2847:2013 Pasal 21.3.3.1*





**Gambar. 3.2 Geser Desain untuk rangka momen menengah**

$$W_u = 1.2D + 1.0L$$

$$V_u = \frac{M_{nr} + M_{nl}}{L_n} + \frac{W_u \cdot L_n}{2}$$

Keterangan :

$V_u$  : gaya lintang horizontal terfaktor pada suatu lantai

$M_{nl}$  : Momen nominal penampang kiri

$M_{nr}$  : Momen nominal penampang kanan

$W_u$  : beban terfaktor per unit luas

$L_n$  : bentang balok

➤ Perhitungan Penulangan Geser :

- $\Phi V_n \geq V_u$  (SNI 2847:2013 Pasal 11.1.1)
- $V_n = V_c + V_s$  (SNI 2847:2013 Pasal 11.1.1)
- $V_c = 0,17\lambda\sqrt{f'c'} \text{ bw. d}$  (SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1)
- $V_{s \text{ min}} = 0,33 \times \text{bw} \times \text{d}$  (SNI 2847:2013 Pasal 11.4.6)
- $V_{s \text{ max}} = 0,66\sqrt{f'c'} \cdot \text{bw. d}$  (SNI 2847:2013 Pasal 11.4.5.3)

- $V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$  (SNI 2847:2013 Pasal 11.4.7.)
- $A_v = 0,062 \sqrt{f_c'} \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}}$  (SNI 2847:2013 Pasal 11.4.6.3)

Nilai  $F_c'$  yang digunakan dalam pasal ini tidak boleh melebihi 8,3 MPa kecuali seperti yang diperbolehkan dalam 11.1.2.1.

SNI 2847:2013 Pasal 11.1.2

### Kontrol Kondisi

Dengan,  $\phi = 0.75$

SNI 2847:2013 Pasal

9.3.2.3

- Kondisi 1  
 $V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$  (Tidak perlu tulangan geser)
- Kondisi 2  
 $0,5 \cdot \phi \cdot V_c < V_u \leq \phi \cdot V_c$  (Perlu tulangan geser minimum)  
 $V_s \min = \frac{b_w \cdot d}{3}$   
 $A_v \min = \frac{b_w \cdot S}{3 \cdot f_y}$   
 $S \leq \frac{d}{2}$  dan  $S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$
- Kondisi 3  
 $\phi \cdot V_c < V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_s \min)$   
(Perlu tulangan geser minimum)  
 $V_s \min = \frac{b_w \cdot d}{3}, V_s \max = \frac{2 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d}{3}$   
 $A_v \min = \frac{b_w \cdot S}{3 \cdot f_y}$   
 $S \leq \frac{d}{2}$  dan  $S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$
- Kondisi 4  
 $\phi \cdot (V_c + V_s \min) < V_u \leq \phi \left( V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \right)$   
(Perlu tulangan geser)  
 $\phi V_s \text{ perlu} = V_u - \phi V_c$

$$A_v = \frac{V_s \cdot s}{f_y \cdot d}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

- Kondisi 5

$$\phi \left( V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \right) < V_u \leq \phi \left( V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \right)$$

(Perlu tulangan geser)

$$\phi V_s \text{ perlu} = V_u - \phi V_c$$

$$A_v = \frac{V_s \cdot s}{f_y \cdot d}$$

$$S \leq \frac{d}{4} \text{ dan}$$

$$S \text{ maks} \leq 300 \text{ mm}$$

- Kondisi 6

$$V_s \leq \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \quad (\text{Perbesar penampang})$$

Keterangan :

$V_n$  : Tegangan geser nominal

$V_c$  : Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton

$V_s$  : Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser

$A_v$  : Luas tulangan geser

### c. Perhitungan Penulangan Torsi:

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.1. Pengaruh torsi boleh diabaikan jika momen torsi terfaktor  $T_u$  kurang dari:

- Untuk komponen struktur non pra-tegang

$$\phi 0,083\lambda\sqrt{f_c'}\left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}\right)$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.3 dimensi penampang dihitung berdasarkan sebagai berikut :

Untuk Penampang Solid

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w.d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \phi_h}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w.d} + 0,66\sqrt{f_c'}\right)$$

Jika tebal dinding adalah kurang dari  $A_{oh}/\phi_h$ , maka suku kedua dalam Perumusan harus diambil sebesar  $T_u/(1,7 A_{oh} t)$ .

Tu melebihi Torsi terkecil yang terdeteksi, maka desain penampang harus  $\phi T_n \geq T_u$

$T_n$  harus dihitung dengan :

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot F_{yt}}{s} \cot \theta$$

**d. Perhitungan Panjang Penyaluran**

**- Penyaluran batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi Tarik :**

Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi Tarik ( $l_d$ ) dinyatakan dalam diameter ( $d$ ) tetapi  $l_d$  tidak boleh kurang dari 300 mm.

SNI 2847:2013 Pasal 12.2.1

**Tabel 3.13 Panjang Penyaluran batang ulir atau kawat ulir  $l_d$**

	Batang tulangan atau kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil	Batang tulangan D-22 dan yang lebih besar
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $d_b$ , selimut bersih tidak kurang dari $d_b$ , dan sengkang atau pengikat sepanjang $l_d$ tidak kurang dari minimum Tata Cara atau	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{2,1\lambda\sqrt{f_c'}}\right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,7\lambda\sqrt{f_c'}}\right) d_b$
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut bersih tidak kurang dari $d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{\lambda\lambda\sqrt{f_c'}}\right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{\lambda\lambda\sqrt{f_c'}}\right) d_b$
Kasus-kasus lain	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{\lambda\lambda\sqrt{f_c'}}\right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{\lambda\lambda\sqrt{f_c'}}\right) d_b$

SNI 2847:2013 Pasal 12.2.2

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.2.1)

Dimana :

$l_d$  = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

$d_b$  = Diameter tulangan

$\Psi_t$  = faktor lokasi penulangan = 1

$\Psi_e$  = Faktor pelapis = 1

$\lambda$  = Faktor digunakan agegat normal 1

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times \lambda_d \text{ (SNI 2847:2013 Pasal 12.3.3.)}$$

Menghitung Panjang Kait :

Untuk batang tulangan ulir  $\ell_{dh}$ :

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times \Psi_e \times f_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} d_b \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 12.5.2})$$

Dimana :

$\Psi_e$  = 1,2 (untuk tulangan dilapisi epoksi)

$\lambda$  = 0,75 (untuk beton ringan)

$\Psi_e, \lambda$  = 1,0 (untuk kasus lainnya)

- **Penyaluran batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi Tekan :**

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 200 mm, dan diambil dari nilai yang terbesar dari persamaan berikut :

$$l_d = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \text{ dan } l_d = 0,043 f_y \times d_b \quad (\text{SNI 2847:2013, pasal 12.3.2})$$

Dimana :

$l_d$  = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

$d_b$  = Diameter tulangan

$\lambda$  = Faktor digunakan agegat normal 1

Menghitung nilai reduksi panjang penyaluran :

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times l_d \text{ (SNI 2847:2013 Pasal 12.3.3.)}$$

### 3.7.1.2 Sloof

#### 1. Perhitungan Lentur Sloof :

- Mencari nilai momen ultimate kanan dan kiri beserta gaya tarik ( $N_u$ ) dari 10% gaya aksial pada kolom kanan atau kiri

- Hitung  $M_n$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \gggg \Theta = 0.9$$

- Mencari nilai  $\rho_t$  dari diagram interaksi, dengan menghitung

$$\frac{M_u}{b \cdot h^2} \text{ dan } \frac{N_u}{b \cdot h}$$

- Hitung  $A_{st} = \rho_t \cdot b \cdot h$

- Cek perencanaan

$$\alpha = \frac{A_{s \text{ pasang}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$M_{npasang} = 0,85 \cdot f_c' \cdot \alpha \cdot b \cdot \left( d_{pasang} - \frac{\alpha}{2} \right) \geq M_n$$

- Kontrol jarak tulangan :

$$s = \frac{bw - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \phi \text{ tul sengkang}) - (n \phi db)}{n-1}$$

$$\text{Dimana : } s \geq 25 \text{ mm}$$

#### 2. Perhitungan Geser Sloof

$$\text{Dimana, } \phi = 0.75 \text{ (SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.3)}$$

- Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \quad (\text{Tidak perlu tulangan geser})$$

- Kondisi 2

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c < V_u \leq \phi \cdot V_c$$

(Perlu tulangan geser minimum)

$$V_{s \text{ min}} = \frac{bw \cdot d}{3}$$

$$A_{v \text{ min}} = \frac{bw \cdot S}{3 \cdot f_y}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

- Kondisi 3

$$\phi \cdot V_c < V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_s \text{ min})$$

(Perlu tulangan geser minimum)

$$V_s \text{ min} = \frac{b_w \cdot d}{3}, V_s \text{ max} = \frac{2 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d}{3}$$

$$A_v \text{ min} = \frac{b_w \cdot S}{3 \cdot f_y}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

- Kondisi 4

$$\phi \cdot (V_c + V_s \text{ min}) < V_u \leq \phi \left( V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \right)$$

(Perlu tulangan geser)

$$\phi V_s \text{ perlu} = V_u - \phi V_c$$

$$A_v = \frac{V_s \cdot s}{f_y \cdot d}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

- Kondisi 5

$$\phi \left( V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \right) < V_u$$

$$\leq \phi \left( V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \right)$$

(Perlu tulangan geser)

$$\phi V_s \text{ perlu} = V_u - \phi V_c$$

$$A_v = \frac{V_s \cdot s}{f_y \cdot d} ; S \leq \frac{d}{4} \text{ dan}$$

$$S \text{ maks} \leq 300 \text{ mm}$$

- Kondisi 6

$$V_s \leq \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

(Perbesar penampang)

Keterangan :

$V_n$  : Tegangan geser nominal

$V_c$  : Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton

$V_s$  : Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser

$A_v$  : Luas tulangan geser

### 3. Perhitungan Panjang Penyaluran

Perhitungan panjang penyaluran dihitung sama dengan perhitungan panjang penyaluran balok.

#### 3.7.1.3 Kolom

Kolom harus ditulangi secara spiral sesuai dengan 7.10.4 atau harus memenuhi pasal 21.3.5.2 hingga 21.3.5.4. sub pasal 21.3.5.5 berlaku untuk semua kolom, dan 21.3.5.6 berlaku untuk semua kolom yang menumpu komponen struktur kaku tak menerus.

*(SNI 2847:2013 Pasal 21.3.5.1)*

Pada ujung kolom sengkang harus disediakan dengan spasi  $s_o$ , sepanjang  $l_o$ , diukur dari muka joint. Spasi  $s_o$  tidak boleh melebihi yang terkecil dari (a), (b), (c), dan (d) :

- 8 x diameter batang tulangan longitudinal terkecil yang dilingkupi
- 24 x diameter batang tulangan begel
- 0.5 dimensi kolom yang terkecil
- 300 mm

Panjang  $l_o$  tidak boleh kurang dari yang terbesar dari :

- 1/6 bentang bersih kolom
- Dimensi penampang maksimum kolom
- 450 mm

*(SNI 2847:2013 Pasal 21.3.5.2)*

Sengkang tertutup pertama ditempatkan tidak lebih dari  $s_o/2$  dari muka joint.

*(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.5.3)*

Diluar panjang  $l_o$ , spasi tulangan transversal harus memenuhi 7.10 dan 11.4.5.1.

*(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.5.4)*

Tulangan transversal joint harus memenuhi 11.10.

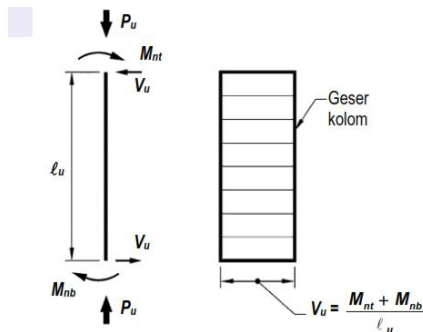
*(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.5.5)*



Kolom yang menumpu reaksi dari komponen struktur kaku tak menerus, seperti dinding, harus disediakan dengan tulangan transversal dengan spasi,  $s_0$ . Seperti didefinisikan dalam 21.3.5.2 sepanjang tinggi penuh dibawah tingkat-dimana diskontinuitas terjadi jika bagian gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur ini terkait dengan pengaruh gempa yang melebihi ( $A_g f_c' / 10$ ) (SNI 2847:2013, Pasal 21.3.5.6)

**a. Perhitungan Penulangan Lentur Kolom**

Berdasarkan persyaratan rangka momen menengah yang membentuk sistem penahan gaya gempa. Detail tulangan pada komponen struktur rangka harus memenuhi pasal 21.3.4. bila tekan aksial terfaktor  $P_u$ , untuk komponen struktur yang tidak melebihi  $A_g f_c' / 10$ . Bila  $P_u$  lebih besar, maka detail tulangan harus memenuhi pasal 21.3.5. (SNI 2847:2013, Pasal 21.3.2)



**Gambar 3.3 Geser Desain untuk rangka momen menengah**

**Perhitungan Kolom :**

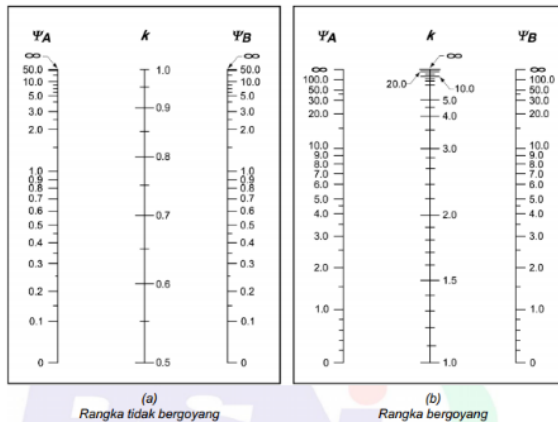
- Momen ultimate diperoleh dari program SAP 2000
- Faktor Kekakuan kolom (SNI 2847:2013 Pasal 10.10.6.1)

$$E_i = \frac{0,4 \cdot E_c \cdot I_g}{1 + \beta_d}$$

- c. Faktor Kekangan Ujung ( $\Psi_a$  dan  $\Psi_b$ ) (SNI 2847:2013 Pasal 10.10.7)

$$\Psi = \frac{\sum \left( \frac{EI}{\lambda} \right)_{\text{kolom}}}{\sum \left( \frac{EI}{\lambda} \right)_{\text{balok}}}$$

- d. Faktor Panjang Efektif ( $k$ )  
Digunakan nomogram, seperti sebagai berikut :



**Gambar 3.4 Nomogram Faktor Panjang efektif**

- e. Kontrol Kelangsingan (SNI 2847:2013 Pasal 10.10.1)
- Untuk komponen struktur tekan yang tidak kaku terhadap goyangan menyamping

$$\frac{k \cdot l_u}{r} \leq 22$$

- Untuk komponen struktur yang kaku terhadap goyangan menyamping

$$\frac{k \cdot l_u}{r} \leq 34 - 12 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) \leq 40$$

Dimana :

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

- $M_1$  = momen terkecil ujung kolom  
 $M_2$  = momen terbesar ujung kolom
- f. Beban Kritis ( $P_c$ ) (*SNI 2847:2013 Pasal 10.10.6*)
- $$P_c = \frac{\pi^2 \times EI_{kolom}}{(k \times L_u)^2}$$
- g. Faktor  $C_m$  (*SNI 2847:2013 Pasal 10.10.6.4*)
- $$C_m = 0,6 + 0,4 \frac{M_1}{M_2}$$
- h. Perbesaran Momen
- Perbesaran Momen tidak bergoyang  
 Berdasarkan *SNI 2847:2013 Pasal 10.10.6*. Komponen struktur tekan harus didesain untuk gaya aksial terfaktor  $P_u$  dan momen terfaktor yang diperbesar untuk pengaruh kurvatur komponen struktur  $M_c$  dimana:
 
$$M_c = \delta_{ns} \cdot M_2 \quad P_c = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(k \cdot l_u)^2} \quad \delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 \cdot P_c}} \geq 1$$
  - Perbesaran Momen Bergoyang  
 Berdasarkan *SNI 2847:2013, Pasal 10.10.7*. Momen  $M_1$  dan  $M_2$  di ujung komponen struktur individu harus diambil sebesar:
 
$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s} \rightarrow \text{Diambil momen yang terbesar } (M_u)$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$
- i. Mencari  $\rho_{pertu}$  dari diagram interaksi
- $$\mu_h = h \text{ kolom} - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{ geser}) - \emptyset \text{ lentur}$$
- $$\mu = \frac{\mu_h}{h_{kolom}}$$
- |  |  |
|--|--|
| Sumbu vertikal<br>$\frac{\phi P_n}{A_g} = \frac{P_u}{b \cdot h}$ | Sumbu horizontal<br>$\frac{\phi M_n}{A_g \cdot h} = \frac{M_u}{b \cdot h^2}$ |
|--|--|
- j. Melakukan input sumbu vertikal dan horizontal pada diagram interaksi, sehingga didapatkan presentase  $\rho_{pertu}$

**a. Perhitungan Penulangan Lentur kolom**

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times h$$

$$\text{Luas tulangan lentur} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

Jumlah tulangan lentur pasang

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{luas tulangan lentur}}$$

Luasan tulangan lentur pasang

$$A_{s \text{ pasang}} = n \times \text{luas tulangan lentur}$$

Peninjauan momen arah x yang direncanakan

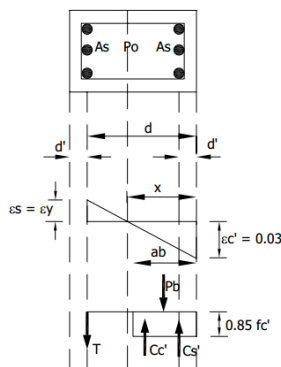
$$\% \text{ tulangan terpasang} = \frac{A_{s \text{ pasang}}}{b \times h} \times 100\%$$

Mencari e perlu dan e min

$M_n = \frac{\text{momen perbesaran}}{\phi}$	$P_n = \frac{P_u}{\phi}$
$e \text{ perlu} = \frac{M_n}{P_n}$	$e \text{ min} = (15,24 + 0,03h_k)$

Dimana,  $\phi = 0.65$  (SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.5)

Periksa kondisi balance :



$$\text{syarat : } \varepsilon_s = \varepsilon_y$$

$$\gggg (f_s = f_y)$$

$$X_b = \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \times d$$

$$a_b = 0,85 \times b$$

$$\text{Syarat : } \varepsilon_s = \varepsilon_y \longrightarrow (f_s = f_y)$$

$$C_{s'} = A_{s'} (f_y - 0,85 \times f_{c'})$$

$$T = A_s \times f_y$$

$$C_{c'} = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_{c'} \cdot b \cdot x_b$$

$$\sum V = 0 \ggggg P_b = C_{c'} + C_{s'} - T$$

$$M_b = Cc' \left( d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + Cs' (d - d' - d'') + T \cdot d''$$

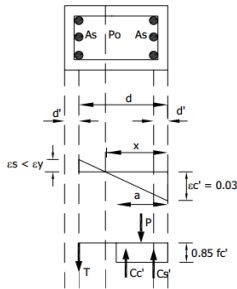
$$e_b = M_b / P_b$$

### Kontrol Kondisi Perencanaan Penampang Kolom :

$e_{min} < e_{perlu} < e_{balanced}$  (Kondisi Tekan Menentukan)

$e_{min} < e_{perlu} > e_{balanced}$  (Kondisi Tarik Menentukan)

### Kontrol kondisi tekan menentukan



Nilai x:

$$a = 0,54 d$$

$$0,85 x = 0,54 x d$$

$$x = 0,54 d / 0,85$$

Syarat :  $\epsilon_s < \epsilon_y$  ( $f_s < f_y$ )

$$\epsilon_s = \left( \frac{d}{x} - 1 \right) 0,003$$

$$f_s = \left( \frac{d}{x} - 1 \right) 600$$

$$f_s = 344,44$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

Periksa :  $\epsilon_s < \epsilon_y$  ( $f_s < f_y$ )

$$Cs' = As' (f_y - 0,85 x fc')$$

$$Cc' = 0,85 \cdot fc' \cdot b \cdot d$$

$$T = As \cdot f_s$$

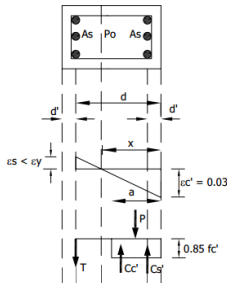
$$\sum V = 0 \gggg P = Cc' + Cs' - T$$

Periksa :  $P > Pb$

$$M = Cc' \left( d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + Cs' (d - d' - d'') + T \cdot d''$$

Periksa :  $M > Mn$

### Kontrol kondisi tarik menentukan



Nilai x:

$$a = 0,54 d$$

$$0,85 x = 0,54 x d$$

$$x = 0,54 d / 0,85 x$$

Syarat :  $\epsilon_s > \epsilon_y \longrightarrow (f_s = f_y)$

$$\epsilon_{s'} = \left(1 - \frac{d}{x}\right) 0,003$$

$$f_s = \epsilon_s \cdot E_s = \left(\frac{d}{x} - 1\right) 600 \leq f_y$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

Periksa :  $\epsilon_s > \epsilon_y$ ,  $f_s = f_y$

$$C_{s'} = A_{s'} (f_y - 0,85 x f_c')$$

$$C_{c'} = 0,85 \cdot f_c' \cdot b_k \cdot d$$

$$T = A_s \times f_s$$

$$\sum V = 0 \gggg \quad P = C_{c'} + C_{s'} - T$$

Periksa :  $P < P_b$

$$M = C_{c'} \left(d - d'' - \frac{ab}{2}\right) + C_{s'} (d - d' - d'') + T \cdot d''$$

Periksa :  $M > M_n$

## b. Perhitungan Penulangan Geser kolom

- Menentukan  $M_{nt}$  (Momen Nominal Top), dan  $M_{nb}$  (Momen Nominal Bottom)

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{l_u} \quad (SNI 2847:2013 Pasal 21.3.5)$$

Dimana :

$M_{nt}$  = Momen nominal atas (top) kolom

$M_{nb}$  = Momen nominal bawah (bottom) kolom

- Cek Syarat Kuat Tekan Beton ( $f_c'$ ):

Nilai  $\sqrt{f_c'}$  yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 MPa

(SNI 2847-2013 Pasal 11.1.2)

3. Kekuatan geser pada beton :

Untuk struktur komponen yang dikenai tekanan aksial

$$V_c = 0,17 \left[ 1 + \frac{N_u}{14 \times A_g} \right] \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1.2)

4. Kekuatan geser beton untuk Analisa kondisi

$$V_{s_{min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$V_{s_{max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$2V_{s_{max}} = \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

5. Cek Kondisi tulangan geser

Dimana,  $\phi = 0.75$  (SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.3)

Kondisi 1 :

$$V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \rightarrow (\text{Tidak Perlu Tulangan Geser})$$

Kondisi 2 :

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c \rightarrow$$

(Tulangan Geser Minimum)

Kondisi 3 :

$$\phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{min}}) \rightarrow$$

(Perlu Geser Minimum)

Kondisi 4 :

$$\phi (V_c + V_{s_{min}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{max}}) \rightarrow$$

(Tulangan Geser)

Kondisi 5 :

$$\phi (V_c + V_{s_{min}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + 2 \cdot V_{s_{max}}) \rightarrow (\text{Tulangan Geser})$$

6. Cek persyaratan SRPMM untuk kekuatan geser kolom

Panjang  $l_o$  tidak boleh kurang dari yang terbesar dari :

1/6 bentang bersih kolom

Dimensi penampang maksimum kolom : 450 mm

**c. Panjang penyaluran tulangan kolom**

Perhitungan berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.2 tentang Penyaluran batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi tarik. Dan Pasal 12.3 tentang Penyaluran batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi tekan.

**3.7.2. Penulangan Struktur Sekunder**

**3.7.2.1. Pelat Lantai**

- Momen slab terfaktor pada tumpuan termasuk pengaruh gempa,  $E$ , harus ditentukan untuk kombinasi beban yang diberikan dalam persamaan ( $U = 1,2D + 1E + 1L$  dan  $U = 0,9D + 1E$ ). Tulangan yang disediakan untuk menahan  $M_{slab}$  harus ditempatkan dalam lajur kolom yang didefinisikan dalam Pasal 13.2.1 (Gambar S21.3.6.1).  
(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.6.1)
- Tulangan yang ditempatkan dalam lebar efektif yang ditetapkan dalam 13.5.3.2 harus diproporsikan untuk menahan  $\gamma_f M_{slab}$ . Lebar slab efektif untuk sambungan eksterior dan sudut tidak boleh menerus melewati muka kolom jarak lebih besar dari  $c_t$  yang diukur tegak lurus terhadap bentang slab (Gambar S21.3.6.1).  
(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.6.2)
- Tidak kurang dari setengah tulangan pada lajur kolom di tumpuan harus ditempatkan dalam lebar slab efektif yang diberikan dalam 13.5.3.2 (Gambar S21.3.6.1).  
(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.6.3)
- Tidak kurang dari seperempat tulangan atas di tumpuan pada lajur kolom harus menerus sepanjang bentang.  
(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.6.4)
- Tulangan bawah yang menerus pada lajur kolom tidak boleh kurang dari sepertiga tulangan atas di tumpuan pada lajur kolom.  
(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.6.5)
- Tidak kurang dari setengah dari semua tulangan lajur tengah bawah dan semua tulangan lajur kolom bawah di



tengah bentang harus menerus dan harus mengembangkan  $f_y$  di muka tumpuan seperti di definisikan dalam 13.6.2.5.

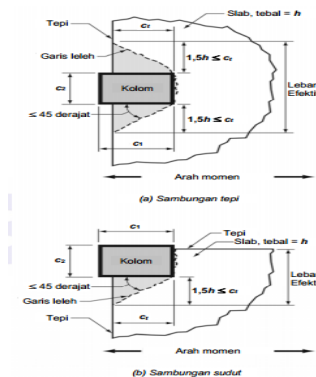
(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.6.6)

- Pada tepi slab yang tidak menerus, semua tulangan atas dan bawah pada tumpuan harus disalurkan di muka tumpuan seperti di definisikan dalam 13.6.2.5.

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.6.7)

- Pada penampang kritis untuk kolom yang didefinisikan dalam 11.11.1.2, geser dua arah yang diakibatkan oleh beban gravitasi terfaktor tidak boleh melebihi  $0,4\phi V_c$ , dimana  $V_c$  harus dihitung seperti di definisikan dalam 11.11.2.1 untuk slab bukan prategang dan dalam 11.11.2.2 untuk slab prategang. Di ijin untuk mengabaikan persyaratan ini jika desain slab memenuhi persyaratan dari 21.13.6.

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.6.8)



**Gambar 3.5 Lebar efektif untuk penempatan tulangan pada sambungan tepi dan sudut**

## 1. Perhitungan Penulangan Pelat Lantai

➤ **Momen plat satu arah**

$$\frac{L_y}{L_x} > 2 \text{ (Plat satu arah)}$$

1. Menghitung Momen Positif dan Negatif Pelat Lantai :

$$M_{lx} = \frac{W_u \cdot l_n^2}{11} \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 8.3.3.})$$

$$M_{tx} = \frac{W_u \cdot l_n^2}{11} \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 8.3.3.})$$

$$M_{ly} = \frac{W_u \cdot l_n^2}{10} \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 8.3.3.})$$

$$M_{ty} = \frac{W_u \cdot l_n^2}{10} \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 8.3.3.})$$

2.  $\rho_{\min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 10.5.1.})$

3.  $\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (\text{SNI 2847-2013, Lampiran B 8.4.2})$

Dengan  $\beta_1 = 0,85 \quad (\text{SNI 2847-2013, Pasal 10.2.7.3})$

4.  $\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b \quad (\text{SNI 2847-2013, Lampiran B 10.3.3})$

5.  $m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \quad (\text{Wang, C. Salmon hal.55 pers 3.8.4.a})$

6.  $\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \quad (\text{Wang, C. Salmon hal.55 pers 3.8.4.a})$

Jika  $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$  maka  $\rho_{\text{perlu}}$  dinaikan 30 %,

Sehingga ;

$\rho_{\text{pakai}} = 1,3 \times \rho_{\text{perlu}}$

$A_s_{\text{perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$

Bila  $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min}$  maka dimensi pelat diperbesar

- Kontrol Jarak Spasi Tulangan  
 $S_{\max} < 2.h$  (SNI 2847-2013 Pasal 13.3.2)  
 Keterangan : h = Tinggi plat  
 $S_{\max}$  = Jarak maksimum tulangan
- Cek As perlu < As pakai
- Tulangan susut dan suhu minimum berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1 yaitu sebesar 0,0018 dari luas tulangan lentur yang disediakan.
- Jarak spasi tulangan susut dan suhu maksimum berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.2 yaitu sebesar 450 mm atau 5 kali tebal pelat.

➤ **Momen plat 2 arah**

$$\frac{L_y}{L_x} < 2 \text{ (pelat dua arah)}$$

$$M_{ox} = \frac{q_u \cdot l_2 \cdot L_n^2}{8}$$

Untuk Wilayah Ekterior :

Momen negatif ekterior,  $M_{ne} = 0.16 \times M_{ox} \text{ kgm}$

Momen positif ,  $M_p = 0.57 \times M_{ox} \text{ kgm}$

Momen negatif interior,  $M_{ni} = 0.7 \times M_{ox} \text{ kgm}$

Untuk Wilayah Interior :

Momen negatif ekterior,  $M_{ne} = 0.65 \times M_{ox} \text{ kgm}$

Momen positif ,  $M_p = 0.35 \times M_{ox} \text{ kgm}$

Momen negatif interior,  $M_{ni} = 0.65 \times M_{ox} \text{ kgm}$

Pembagian Momen pada lajur kolom dan lajur tengah :

▪ Momen negatif interior ==>  $L_2 / L_1$

❖ Mi pada lajur kolom =  $0.75 \times M_{ni}$

❖ Mi per satuan lebar =

$M_i \text{ Lajur Kolom}$

$$\frac{1}{2} \text{ lajur kolom kiri} + \frac{1}{2} \text{ lajur kolom kanan}$$

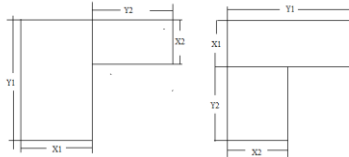
❖ Mi pada lajur tengah =  $0.25 \times M_{ni}$

▪ Momen positif ==>  $L_2 / L_1$

❖  $M^+$  pada lajur kolom =  $0.6 \times M_{ni}$

- ❖  $M^+$  per satuan lebar =  $\frac{M_i \text{ Lajur Kolom}}{\frac{1}{2} \text{ lajur kolom kiri} + \frac{1}{2} \text{ lajur kolom kanan}}$
- ❖  $M^+$  pada lajur tengah =  $0.4 \times M_{ni}$

Momen negatif eksterior  $\Rightarrow L_2 / L_1$



$$C = \sum \left[ \left( 1 - 0.63 \frac{x}{y} \right) \frac{x^3 y}{3} \right]$$

diambil nilai C terbesar,  $C_t = \text{mm}^4$

$$I_s = \frac{I_2 \times h_{\text{plat}}^3}{12}$$

$$E_{cb} = E_{cs} \text{ Karena } F_{cb}' = F_{cs}'$$

$$\beta_t = \frac{E_{cb} C_t}{2 \times E_{cs} I_s}$$

**Tabel 3.14 Pembagian momen negatif terfaktor eksterior pada lajur kolom**

$l_2/l_1$		0,5	1,0	2,0
$(\alpha t_2/t_1) = 0$	$\beta_k = 0$	100	100	100
	$\beta_k \geq 2,5$	75	75	75
$(\alpha t_2/t_1) \geq 1,0$	$\beta_k = 0$	100	100	100
	$\beta_k \geq 2,5$	90	75	45

(SNI 2847:2013 Pasal 13.6.4.2)

Berdasarkan interpolasi nilai- nilai pada tabel 3.4, presentase distribusi = 75% , sehingga :

- $M^e$  pada lajur kolom =  $0.75 \times M_{ne}$
  - $M^e$  per satuan lebar =  $\frac{M^e \text{ Lajur Kolom}}{\frac{1}{2} \text{ lajur kolom kiri} + \frac{1}{2} \text{ lajur kolom kanan}}$
  - $M^e$  pada lajur tengah =  $M_{ne} \times M^e$  pada lajur kolom
  - Diambil  $M^e$  lajur tengah = kgm
- Momen-Momen pada Pelat :

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b$$

a. Momen Negatif Interior (Tumpuan x)

$$M_u = Nmm$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = Nmm$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot x^2}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n) / f_y})$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d = mm^2$$

$$\text{Kontrol jarak } S_{\max} < 2h$$

$$A_s \text{ pakai} = 0,25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} = mm^2$$

Cek Syarat :

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai}$$

### 3.7.2.2. Pelat Tangga

Perhitungan pelat tangga terdiri preliminary desain dan penulangan pelat. Langkah – langkah perencanaan tangga sama dengan penulangan pelat lantai.

## 3.8. Kontrol Persyaratan

1. SAP

a. Kontrol kolom dengan  $\sum v = 0$

Besar beban yang dipikul oleh kolom harus sama dengan besar gaya pada joint reaction

b. Kontrol balok dengan cara cross

2. Menentukan Angka kekakuan

Perletakan : Jepit-Jepit  $k = \frac{4EI}{L}$ , Jepit- Sendi/rol,  $k = \frac{3EI}{L}$

3. Menentukan Faktor Distribusi ( $\mu$ )

$\sum$  faktor distribusi pada satu titik simpul = 1

4. Menentukan Momen Primair (MF)

5. Menentukan Momen Distribusi

$\sum$  momen primair pada satu titik simpul x faktor distribusi

6. Menentukan Momen Induksi

Faktor induksi =  $\frac{1}{2}$

Perletakan jepit – jepit, dapat saling induksi

Perletakan jepit – sendi atau jepit – rol, sendi atau rol hanya boleh memberi induksi ke perletakan jepit, tetapi tidak boleh menerima induksi dari perletakan jepit.

### 3.9. Gambar Rencana

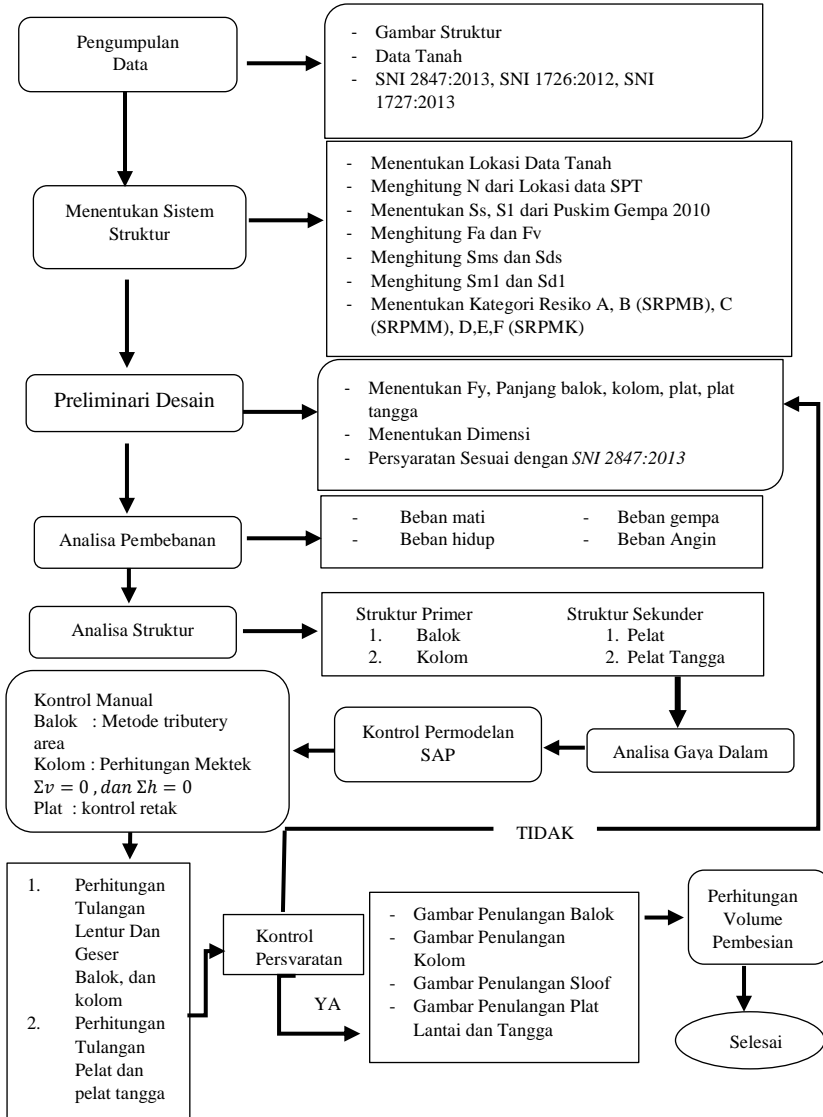
Gambar perencanaan meliputi:

- a. Gambar arsitek, terdiri dari:
  - Gambar denah
  - Gambar tampak
- b. Gambar potongan struktur, terdiri dari:
  - Potongan memanjang
  - Potongan melintang
- c. Gambar penulangan, terdiri dari:
  - Penulangan pelat
  - Penulangan tangga
  - Penulangan balok
  - Penulangan kolom
  - Penulangan sloof
- d. Gambar detail, terdiri dari:
  - Balok
  - Kolom
  - Plat
- e. Gambar struktur, terdiri dari:
  - Gambar denah Balok

- Gambar denah Kolom
- Gambar denah Sloof

### 3.10 Flow Chart Metodologi

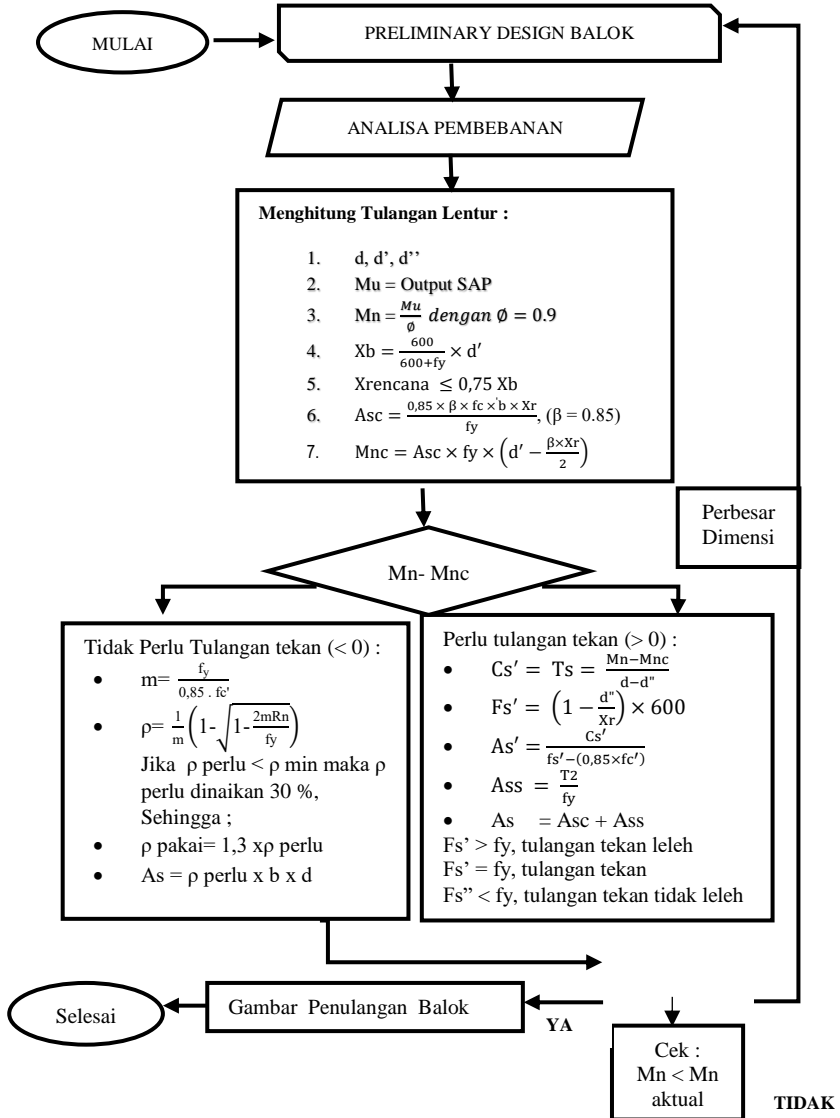
#### 3.10.1 Metodologi Perencanaan



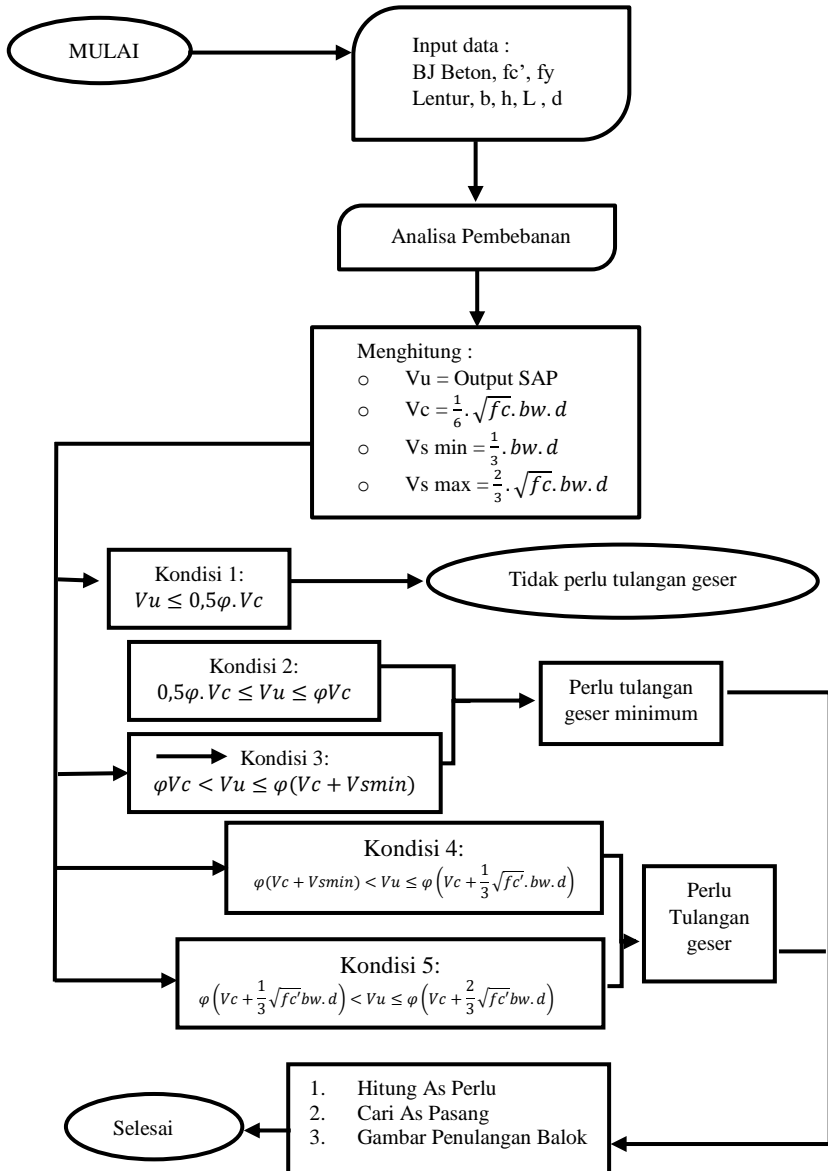


### 3.10.2. Langkah Perencanaan Struktur Primer

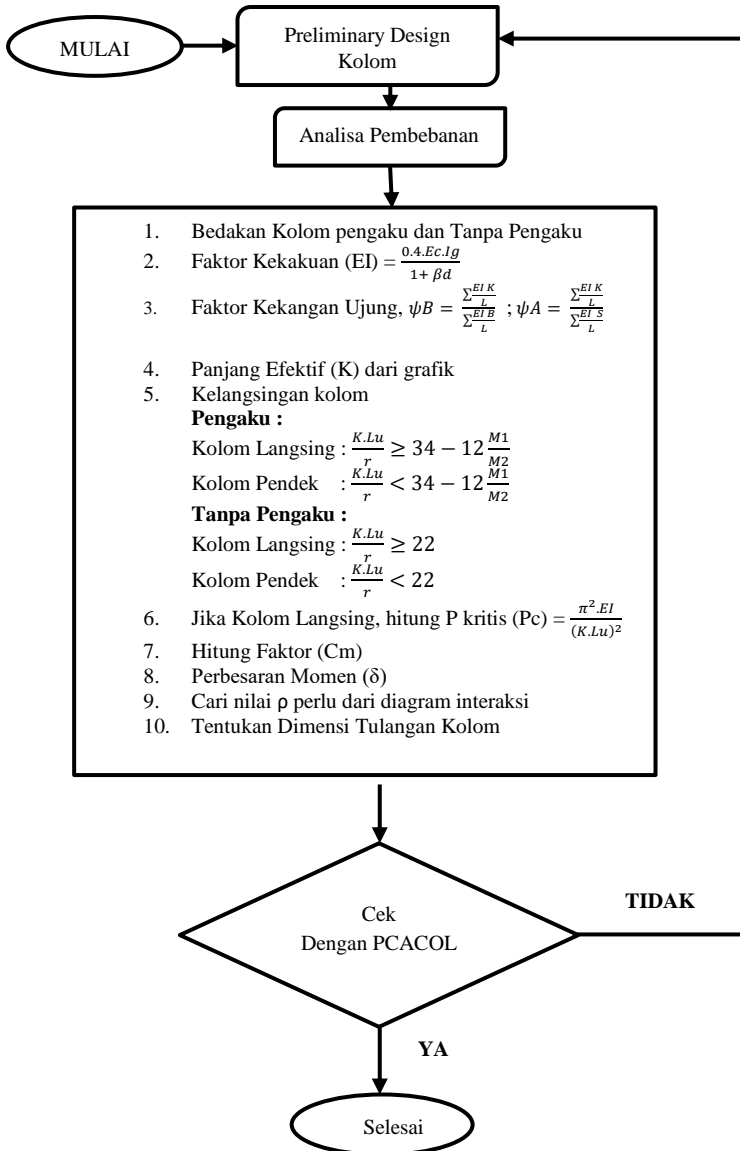
#### 3.10.2.1. Tulangan Lentur Balok (SNI 2847:2013)



### 3. 10.2.3. Tulangan Geser Balok dan Kolom (SNI 2847:2013)

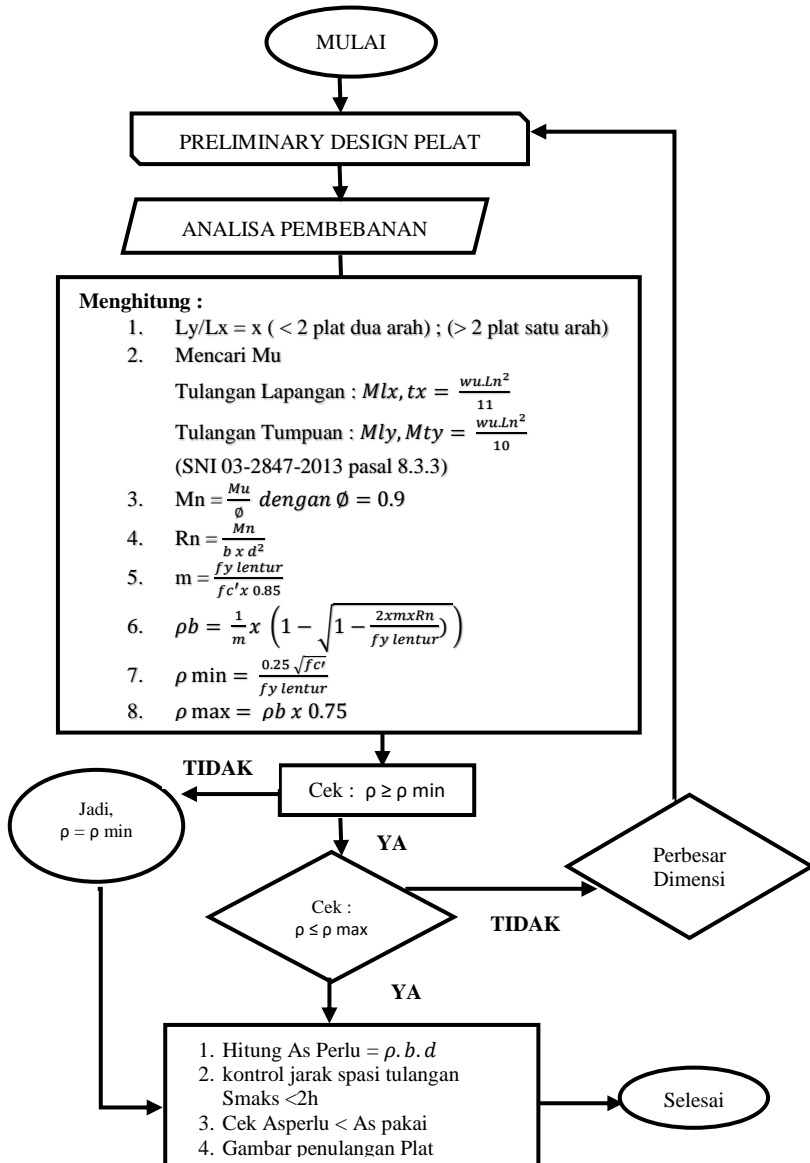


### 3. 10.2.4. Kolom (SNI 2847:2013)

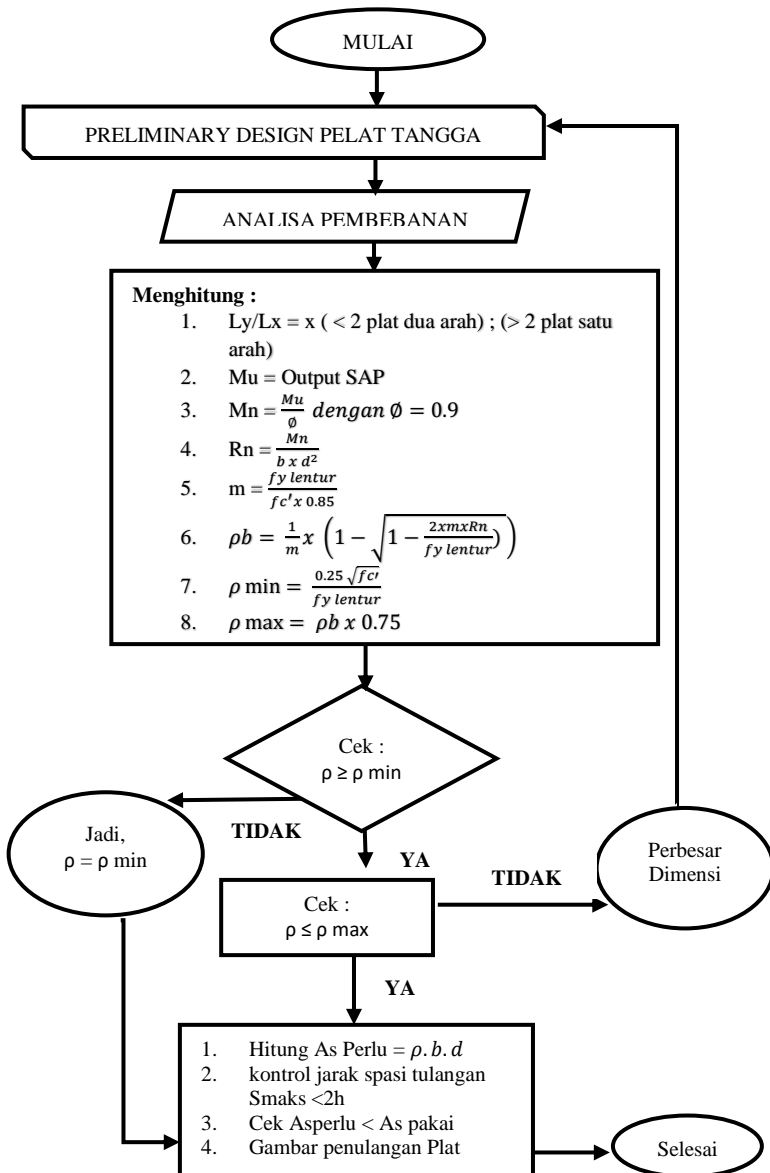


### 3. 10.3 Langkah Perencanaan Struktur Sekunder

#### 3.10.3.1. Pelat



### 3. 10.3.2. Pelat Tangga



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB IV

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Perencanaan Dimensi Struktur

Dalam perencanaan struktur gedung perkuliahan ini, langkah awal yang dilakukan adalah menentukan dimensi struktur - struktur yang digunakan dalam perencanaan bangunan tersebut.

##### 4.1.1. Perencanaan Dimensi Balok

Dalam perencanaan dimensi balok dipilih bentang terpanjang, dari arah melintang dan memanjang. Adapun data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, hasil perhitungan perencanaan, dan gambar hasil perencanaan dimensi balok dalam perencanaan Gedung Perkuliahan 6 Lantai Surabaya yaitu sebagai berikut :

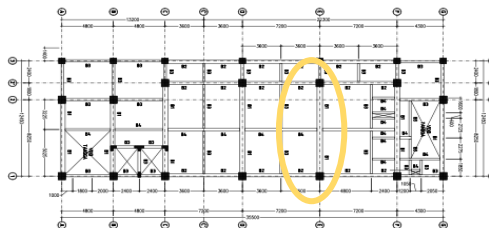
##### 1. Balok Induk

##### - Balok Induk Melintang

a. Data-data perencanaan :

- Tipe balok : B1
- As Balok : D (1- 2')
- Bentang Balok ( $L_{\text{balok}}$ ) : 10.05 m
- Kuat tulangan lentur ( $f_y$ ) : 390
- Mutu beton ( $f_c'$ ) : 25 Mpa

b. Denah Pembalokan



**Gambar 4.1. Balok Induk melintang yang ditinjau**

## c. Perhitungan Perencanaan

$$h \geq \frac{L}{16} \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

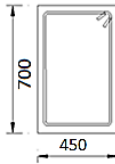
$$h \geq \frac{1005}{16} \left( 0,4 + \frac{390}{700} \right) \quad h \geq 60.1205 \text{ cm}$$

$$b \approx \frac{2}{3} h \quad b \approx \frac{2}{3} (60.12)$$

$$b \approx 46.67 \text{ cm} \quad b \approx 45 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok induk melintang dengan ukuran 45/70

## f. Gambar Hasil Perencanaan Dimensi



**Gambar 4.2 Rencana Dimensi Balok Induk Melintang**

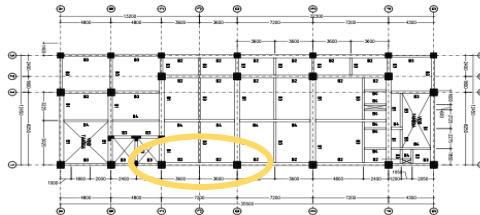
- **Balok Induk Memanjang**

## a. Data-data perencanaan :

- Tipe balok : B2
- As Balok : 1 (C-D)
- Bentang Balok ( $L_{\text{balok}}$ ) : 7.20 m
- Kuat tulangan lentur ( $f_y$ ) : 390
- Mutu beton ( $f_c'$ ) : 25 Mpa



b. Denah Pembalokan



**Gambar 4.3. Balok Induk Memanjang yang Ditinjau**

c. Perhitungan Perencanaan

$$h \geq \frac{L}{16} \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$h \geq \frac{720}{16} \left( 0,4 + \frac{390}{700} \right) \quad h \geq 43.071 \text{ cm}$$

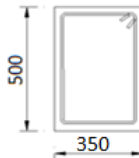
$$h \approx 50 \text{ cm}$$

$$b \approx \frac{2}{3} h \quad b \approx \frac{2}{3} (50)$$

$$b \approx 33.33 \text{ cm} \quad b \approx 35 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok induk memanjang dengan ukuran 35/50

d. Gambar Hasil Perencanaan Dimensi



**Gambar. 4.4 Rencana Dimensi Balok Induk Memanjang**

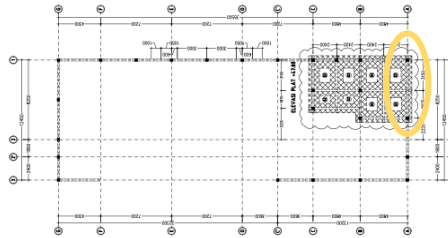
- **Balok Induk Atap**

a. Data-data perencanaan :

- Tipe balok : B3
- As Balok : A (1-1'')
- Bentang Balok ( $L_{\text{balok}}$ ) : 6.025 m
- Kuat tulangan lentur ( $f_y$ ) : 390

- Mutu beton ( $f_c'$ ) : 25 Mpa

b. Denah Pembalokan



**Gambar 4.5. Balok Induk Atap yang ditinjau**

c. Perhitungan Perencanaan

$$h \geq \frac{L}{16} \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$h \geq \frac{603}{16} \left( 0,4 + \frac{390}{700} \right) \quad h \geq 36.072 \text{ cm}$$

$$h \approx 40 \text{ cm}$$

$$b \approx \frac{2}{3}h$$

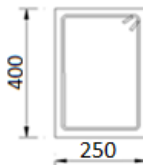
$$b \approx \frac{2}{3}(40)$$

$$b \approx 26.667 \text{ cm}$$

$$b \approx 25 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok induk memanjang dengan ukuran 25/40

d. Gambar Hasil Perencanaan Dimensi



**Gambar 4.6 Rencana Dimensi Balok Induk Atap**

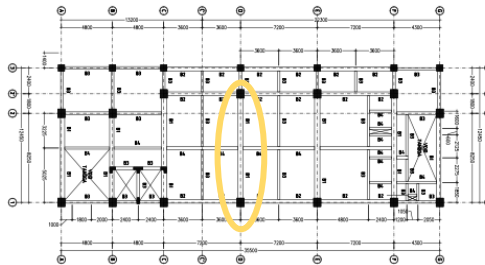
## 2. Balok Anak

### - Balok Anak 1

a. Data-data perencanaan :

- Tipe balok : B4
- As Balok : C' (1-2')
- Bentang Balok ( $L_{\text{balok}}$ ) : 10.05 m
- Kuat tulangan lentur ( $f_y$ ) : 390
- Mutu beton ( $f_c'$ ) : 25 Mpa

b. Denah Pembalokan



**Gambar 4.7 Balok Anak 1 Yang Ditinjau**

c. Perhitungan Perencanaan

$$h \geq \frac{L}{21} \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$h \geq \frac{1005}{21} \left( 0,4 + \frac{390}{700} \right) \quad h \geq 45.806 \text{ cm}$$

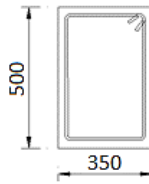
$$h \approx 50 \text{ cm}$$

$$b \approx \frac{2}{3} h$$

$$b \approx \frac{2}{3} (50) \quad b \approx 33.33 \text{ cm} \quad b \approx 35 \text{ cm}$$

Untuk mempermudah pekerjaan, maka dimensi balok anak melintang dan memanjang yang memiliki bentang > 3m direncanakan sama, dengan ukuran 35/50

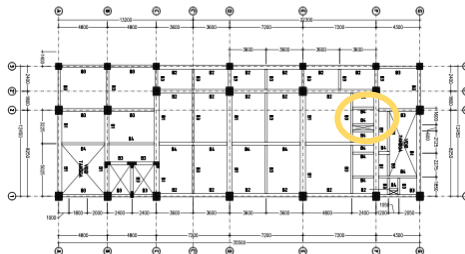
## d. Gambar Hasil Perencanaan Dimensi

**Gambar 4.8 Rencana Dimensi Balok Anak 1**- **Balok Anak 2**

## e. Data-data perencanaan :

- Tipe balok : B5
- As Balok : 2 (E'-F)
- Bentang Balok ( $L_{\text{balok}}$ ) : 2.4 m
- Kuat tulangan lentur ( $f_y$ ) : 390
- Mutu beton ( $f_c'$ ) : 25 Mpa

## f. Denah Pembalokan

**Gambar 4.9 Balok Anak 2 Yang Ditinjau**

## g. Perhitungan Perencanaan

$$h \geq \frac{L}{21} \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$h \geq \frac{240}{21} \left( 0,4 + \frac{390}{700} \right) \quad h \geq 10.939 \text{ cm}$$

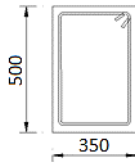
$$h \approx 20 \text{ cm}$$

$$b \approx \frac{2}{3}h \quad b \approx \frac{2}{3}(20) \quad b \approx 13.33 \text{ cm}$$

$$b \approx 15 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok anak 2 dengan ukuran 15/20

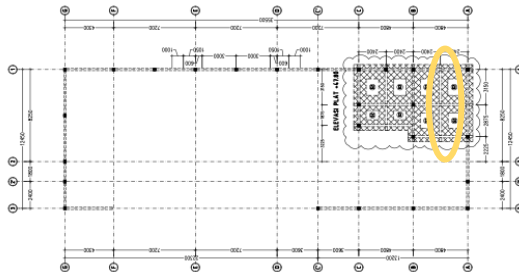
## h. Gambar Hasil Perencanaan Dimensi

**Gambar 4.10 Rencana Dimensi Balok Anak 2**- **Balok Anak Atap**

## a. Data-data perencanaan :

- Tipe balok : B3-1
- As Balok : A' (1-1'')
- Bentang Balok ( $L_{\text{anak}}$ ) : 6.025 m
- Kuat tulangan lentur ( $f_y$ ) : 390
- Mutu beton ( $f_c'$ ) : 25 Mpa

## b. Denah Pembalokan

**Gambar 4.11. Balok Anak Atap yang ditinjau**

## c. Perhitungan Perencanaan

$$h \geq \frac{L}{21} \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$h \geq \frac{603}{21} \left( 0,4 + \frac{390}{700} \right) \quad h \geq 27.484 \text{ cm}$$

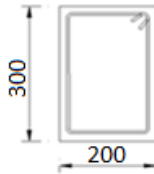
$$h \approx 30 \text{ cm}$$

$$b \approx \frac{2}{3} h$$

$$b \approx \frac{2}{3} (30) \quad b \approx 20 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok anak atap dengan ukuran 20/30

d. Gambar Hasil Perencanaan Dimensi



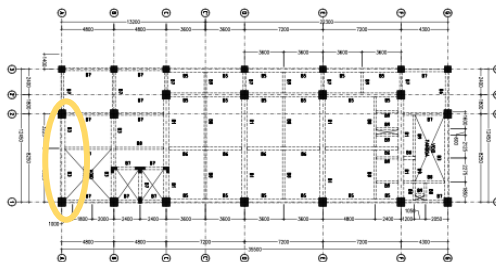
**Gambar 4.12 Rencana Dimensi Balok Anak Atap**

**3. Balok Bordes**

a. Data-data perencanaan :

- Tipe balok : B6
- As Balok : A (1-2)
- Bentang Balok ( $L_{\text{balok}}$ ) : 8.25 m
- Kuat tulangan lentur ( $f_y$ ) : 390
- Mutu beton ( $f_c'$ ) : 25 Mpa

b. Denah Pembalokan



**Gambar 4.13 Balok Bordes yang ditinjau**

c. Perhitungan Perencanaan

$$h \geq \frac{L}{21} \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

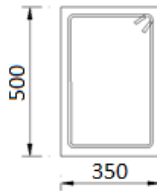
$$h \geq \frac{825}{21} \left( 0,4 + \frac{390}{700} \right) h \geq 37.602 \text{ cm} \quad h \approx 50 \text{ cm}$$

$$b \geq \frac{2}{3} h$$

$$b \geq \frac{2}{3}(50) \quad b \geq 33.33 \text{ cm} \quad b \approx 35 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok bordes dengan ukuran 35/50

- d. Gambar Hasil Perencanaan Dimensi



**Gambar 4.14 Rencana Dimensi Balok Bordes**

#### 4.1.2. Perencanaan Dimensi Sloof

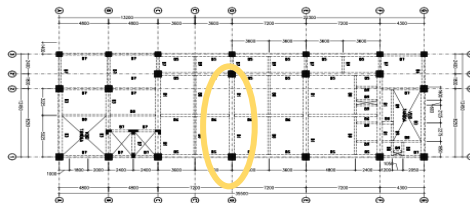
Dalam perencanaan dimensi sloof terdapat data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, hasil perhitungan perencanaan, dan gambar hasil perencanaan dimensi sloof dalam perencanaan Gedung Perkuliahan 6 Lantai Surabaya yaitu sebagai berikut :

##### ➤ Sloof

- a. Data-data perencanaan :

- Tipe sloof : S1
- As sloof : D (1 – 2')
- Bentang sloof ( $L_{\text{sloof}}$ ) : 10.05 m
- Kuat tulangan lentur ( $f_y$ ) : 390
- Mutu beton ( $f_c'$ ) : 25 Mpa

- b. Gambar denah perencanaan



**Gambar 4.15 Balok Induk melintang yang ditinjau (S1)**

## c. Perhitungan Perencanaan

$$h \geq \frac{L}{16} \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

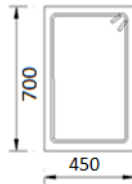
$$h \geq \frac{1005}{16} \left( 0,4 + \frac{390}{700} \right) \quad h \geq 60.1205 \text{ cm} \quad h \approx 70 \text{ cm}$$

$$b \approx \frac{2}{3} h$$

$$b \approx \frac{2}{3} (60.12) \quad b \approx 46.67 \text{ cm} \quad b \approx 45 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi sloof dengan ukuran 45/70

## b. Gambar Hasil Perencanaan Dimensi



**Gambar 4.16 Rencana Dimensi Sloof**

#### 4.1.3. Perencanaan Dimensi Kolom

Dalam perencanaan dimensi kolom terdapat data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, hasil perhitungan perencanaan, dan gambar hasil perencanaan dimensi kolom dalam perencanaan Gedung Perkuliahan 6 Lantai Surabaya yaitu sebagai berikut :

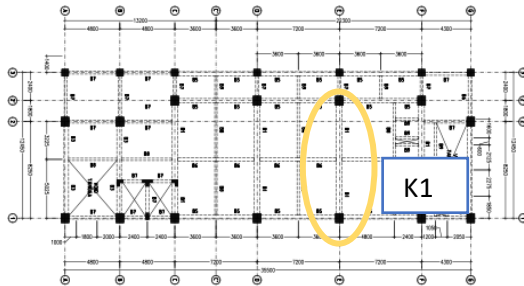
- **Kolom (K1)**

a. Data-Data Perencanaan :

- Tipe Kolom : K1
- As kolom : D (1-2')
- Bentang Kolom ( $L_{kolom}$ ) : 6.80 m
- Bentang Balok ( $L_{balok}$ ) : 10.05 m
- Dimensi Balok : 50/70
- Kuat Tulangan Lentur ( $f_y$ ) : 390



- Mutu Beton ( $f_c'$ ) : 25 Mpa
- b. Gambar Denah Perencanaan



**Gambar 4.17 Kolom yang ditinjau**

- c. Perhitungan Perencanaan
- Direncanakan  $b=h$

$$\frac{I_{\text{kolom}}}{L_{\text{kolom}}} = \frac{I_{\text{balok}}}{L_{\text{balok}}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{L_{\text{kolom}}} = \frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{L_{\text{balok}}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{680} = \frac{\frac{1}{12} \times 50 \times 70^3}{1005}$$

$$83.74 h^4 = 971833333$$

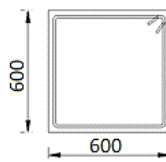
$$h^4 = 11603980$$

$$h = 58.3649 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi kolom dengan ukuran 60/60

- c. Gambar Hasil Perencanaan Dimensi



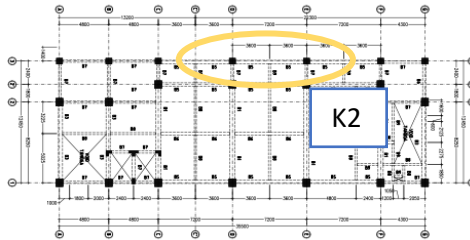
### Gambar 4.18 Rencana Dimensi Kolom

- **Kolom (K2)**

a. Data-Data Perencanaan :

- Tipe Kolom : K2
- As kolom : 3 (D-E)
- Bentang Kolom ( $L_{\text{kolom}}$ ) : 6.80 m
- Bentang Balok ( $L_{\text{balok}}$ ) : 7.20 m
- Dimensi Balok : 35/50
- Kuat tulangan lentur ( $f_y$ ) : 390
- Mutu beton ( $f_c'$ ) : 25 Mpa

b. Gambar Denah Perencanaan



**Gambar 4.19 Kolom 2 yang ditinjau**

c. Perhitungan Perencanaan

Direncanakan  $b=h$

$$\frac{I_{\text{kolom}}}{L_{\text{kolom}}} = \frac{I_{\text{balok}}}{L_{\text{balok}}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{680} = \frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{720}$$

$$\frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 35 \times 50^3$$

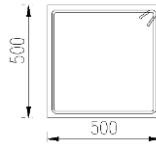
$$60 h^4 = 247916667$$

$$h^4 = 4131944.4$$

$$h = 45.0857 \text{ cm}$$

$$h = 50 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi kolom dengan ukuran 50/50  
d. Gambar Hasil Perencanaan Dimensi



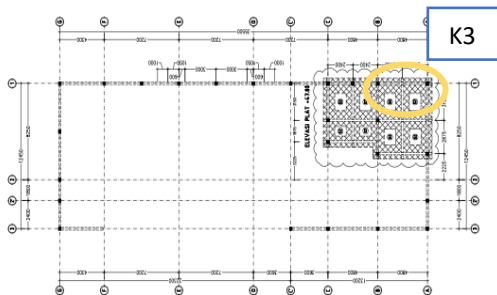
**Gambar 4.20 Rencana Dimensi Kolom 2**

- **Kolom (K3)**

a. Data-Data Perencanaan :

- Tipe Kolom : K3
- As Kolom : 1 (A-B)
- Bentang Kolom ( $L_{kolom}$ ) : 2.55 M
- Bentang Balok ( $L_{balok}$ ) : 6.03 M
- Dimensi Balok : 25/40
- Kuat Tulangan Lentur ( $F_y$ ) : 390
- Mutu Beton ( $F_c'$ ) : 25 Mpa

b. Gambar Denah Perencanaan



**Gambar 4.21 Kolom 3 yang ditinjau**

c. Perhitungan Perencanaan

Direncanakan  $b=h$

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} = \frac{I_{balok}}{L_{balok}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{L_{kolom}} = \frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{L_{balok}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{255} = \frac{\frac{1}{12} \times 25 \times 40^3}{603}$$

$$50.25 h^4 = 34000000$$

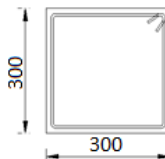
$$h^4 = 676616.92$$

$$h = 28.680 \text{ cm}$$

$$h = 30 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi kolom atap dengan ukuran 30/30

d. Gambar Hasil Perencanaan Dimensi



**Gambar 4.22 Rencana Dimensi Kolom 3**

Kesimpulan :

Dari hasil perhitungan elemen struktur untuk bangunan gedung perkuliahan 6 lantai adalah sebagai berikut :

a. Balok

- Balok Induk Melintang (B1) = 45/70
- Balok Induk Memanjang (B2) = 35/50
- Balok Induk Atap (B3) = 25/40
- Balok Anak Atap (B3-1) = 20/30
- Balok Anak 1 (B4) = 35/50
- Balok Anak 2 (B5) = 15/20
- Balok Bordes (B6) = 35/50
- Sloof (S1) = 45/70

b. Kolom

- Kolom (K1) = 60/60
- Kolom (K2) = 50/50

➤ Kolom (K3) = 30/30

#### 4.1.4. Perencanaan Dimensi Pelat

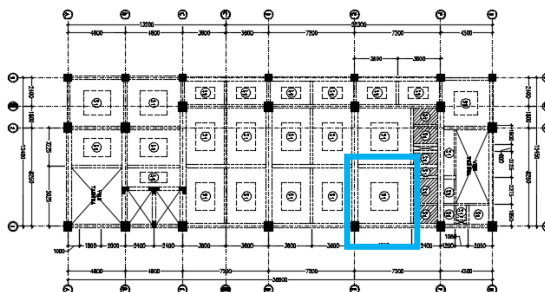
Dalam perencanaan dimensi pelat, ditinjau pelat yang mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang terbesar. Namun, tipe pelat lain yang disesuaikan dengan rasio bentangnya dapat disajikan dalam bentuk tabel.

Terdapat data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, dan hasil perencanaan dimensi pelat lantai sebagai berikut :

a. Data Perencanaan :

- Tipe Pelat : P1
- Kuat Tekan Beton ( $F_c'$ ) : 25 Mpa
- Kuat Leleh Tulangan ( $F_y$ ) : 390 Mpa
- Rencana Tebal Pelat : 12 Cm
- Bentang Pelat Sumbu Panjang ( $L_y$ ): 502.5 Cm
- Bentang Pelat Sumbu Pendek ( $L_x$ ) : 360 Cm
- Dimensi Balok B1 As E (1-1') : 45/70
- Dimensi Balok B2 As 1 (D'-E) : 35/50
- Dimensi Balok B4 As D'(1-1') : 35/50
- Dimensi Balok B4 As 1' (D'-E) : 35/50

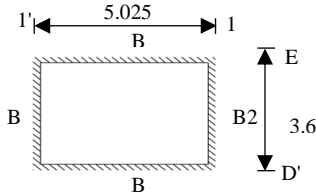
b. Gambar Denah Perencanaan



**Gambar 4.23 Rencana Denah Pelat (P1)**

c. Perhitungan Perencanaan

• Sketsa Perencanaan



$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{502.5 \text{ cm}}{360 \text{ cm}} = 1.39583 < 2 \implies \text{(Pelat Dua Arah)}$$

• Bentang Bersih Sumbu Panjang ( $L_n$ ) :

$$L_n = L_y - \frac{bw}{2} - \frac{bw}{2}$$

$$L_n = 502,5 - \frac{35}{2} - \frac{50}{2}$$

$$L_n = 460 \text{ cm}$$

• Bentang Bersih Sumbu Pendek ( $S_n$ ) :

$$S_n = L_x - \frac{bw}{2} - \frac{bw}{2}$$

$$S_n = 360 - \frac{50}{2} - \frac{35}{2}$$

$$S_n = 317.5 \text{ cm}$$

• Rasio antara bentang bersih sumbu panjang terhadap bentang bersih sumbu pendek :

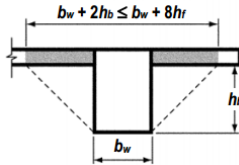
$$\beta_n = \frac{L_n}{S_n}$$

$$\beta_n = \frac{460 \text{ cm}}{317,5 \text{ cm}}$$

$$\beta_n = 1.449$$

- Tinjau Balok Yang Ditumpu

- a. Balok B1 as E (1- 1')



$$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$$

$$b_{e1} = b_w + 2(h - h_f)$$

$$b_{e1} = 45 \text{ cm} + 2(70 \text{ cm} - 13 \text{ cm})$$

$$b_{e1} = 159 \text{ cm}$$

$$b_{e2} = b_w + 8h_f$$

$$b_{e2} = 45 \text{ cm} + 8(13 \text{ cm})$$

$$b_{e2} = 149 \text{ cm}$$

$$\text{Dipakai nilai } b_{e1} = 149 \text{ cm}$$

(SNI 2847:2013 pasal 13.2.4)

Faktor modifikasi (Desain beton bertulang Chu-Kia

Wang Charles G. Salmon 16.4.2.b)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{149}{45} - 1\right) \times \left(\frac{13}{70}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{13}{70}\right) + 4 \left(\frac{13}{70}\right)^2 + \left(\frac{149}{45} - 1\right) \times \left(\frac{13}{70}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{149}{45} - 1\right) \times \left(\frac{13}{70}\right)}$$

$$k = 1.612$$

Momen inersia penampang T

$$I_b = k \times \frac{1}{12} \times b_w \times \left(\frac{h^3}{t}\right)$$

$$I_b = 1.612 \times \frac{1}{12} \times 45 \times (70^3)$$

$$I_b = 2073435 \text{ cm}^4$$

Momen Inersia Pelat

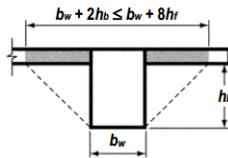
$$I_p = \frac{t^3}{12} \times b_p$$

$$I_p = \frac{13^3}{12} \times 431.25$$

$$I_p = 78954.6875 \text{ cm}^4$$

$$a = \frac{I_b}{I_p} = 26.261$$

- Tinjau Balok Yang Ditumpu
- b. Balok B2 as 1 (D' - E)



$$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$$

$$b_{e1} = b_w + 2(h - h_f)$$

$$b_{e1} = 35\text{m} + 2(50 \text{ cm} - 13 \text{ cm})$$

$$b_{e1} = 109 \text{ cm}$$

$$b_{e2} = b_w + 8h_f$$

$$b_{e2} = 35\text{cm} + 8(13\text{cm})$$

$$b_{e2} = 139 \text{ cm}$$

$$\text{Dipakai nilai } b_{e1} = 109 \text{ cm}$$

(SNI 2847:2013 pasal 13.2.4)

Faktor modifikasi (Desain beton bertulang Chu-Kia

Wang Charles G.Salmon 16.4.2.b)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{109}{35} - 1\right) \times \left(\frac{13}{50}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{13}{50}\right) + 4 \left(\frac{13}{50}\right)^2 + \left(\frac{109}{35} - 1\right) \times \left(\frac{13}{50}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{109}{35} - 1\right) \times \left(\frac{13}{50}\right)}$$

$$k = 1.620$$

Momen inersia penampang T

$$I_b = k \times \frac{1}{12} \times b_w \times \left(\frac{h^3}{t}\right)$$

$$I_b = 1.620 \times \frac{1}{12} \times 35 \times (50^3)$$

$$I_b = 590625 \text{ cm}^4$$



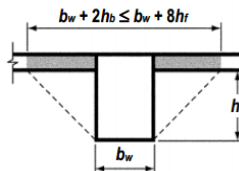
Momen Inersia Pelat

$$I_p = \frac{t^3}{12} \times b_p \quad I_p = \frac{13^3}{12} \times 431.25$$

$$I_p = 78954.6875 \text{ cm}^4$$

$$a = \frac{I_b}{I_p} = 7.481$$

- Tinjau Balok Yang Ditumpu
- c. Balok B4 as D' (1-1')



$$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$$

$$b_{e1} = b_w + 2(h - h_f)$$

$$b_{e1} = 35\text{cm} + 2(50\text{ cm} - 13\text{ cm})$$

$$b_{e1} = 109\text{ cm}$$

$$b_{e2} = b_w + 8h_f$$

$$b_{e2} = 35\text{cm} + 8(13\text{cm})$$

$$b_{e2} = 139\text{ cm}$$

Dipakai nilai  $b_{e1} = 109\text{ cm}$

(SNI 2847:2013 pasal 13.2.4)

Faktor modifikasi (Desain beton bertulang Chu-Kia

Wang Charles G.Salmon 16.4.2.b)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{109}{35} - 1\right) \times \left(\frac{13}{50}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{13}{50}\right) + 4 \left(\frac{13}{50}\right)^2 + \left(\frac{109}{35} - 1\right) \times \left(\frac{13}{50}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{109}{35} - 1\right) \times \left(\frac{13}{50}\right)}$$

$$k = 1.620$$

Momen inersia penampang T

$$I_b = k \times \frac{1}{12} \times b_w \times \left(\frac{h^3}{t}\right)$$

$$I_b = 1.620 \times \frac{1}{12} \times 35 \times (50^3)$$

$$I_b = 590625 \text{ cm}^4$$

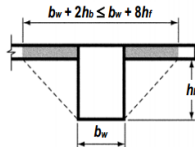
Momen Inersia Pelat

$$I_p = \frac{t^3}{12} \times b_p \quad I_p = \frac{13^3}{12} \times 431.25$$

$$I_p = 78954.6875 \text{ cm}^4$$

$$\alpha = \frac{I_b}{I_p} = 7.481$$

- Tinjau Balok Yang ditumpu
- d. Balok B4 as D' (1-1')



$$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$$

$$b_{e1} = b_w + 2(h - h_f)$$

$$b_{e1} = 35\text{cm} + 2(50\text{ cm} - 13\text{ cm})$$

$$b_{e1} = 109 \text{ cm}$$

$$b_{e2} = b_w + 8h_f$$

$$b_{e2} = 35\text{cm} + 8(13\text{cm})$$

$$b_{e2} = 139 \text{ cm}$$

Dipakai nilai  $b_{e1} = 109 \text{ cm}$

(SNI 2847:2013 pasal 13.2.4)

Faktor modifikasi (Desain beton bertulang Chu-Kia

Wang Charles G. Salmon 16.4.2.b)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{109}{35} - 1\right) \times \left(\frac{13}{50}\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{13}{50}\right) + 4\left(\frac{13}{50}\right)^2 + \left(\frac{109}{35} - 1\right) \times \left(\frac{13}{50}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{109}{35} - 1\right) \times \left(\frac{13}{50}\right)}$$

$$k = 1.620$$

Momen inersia penampang T

$$I_b = k \times \frac{1}{12} \times b_w \times \left(\frac{h^3}{t}\right)$$

$$I_b = 1.620 \times \frac{1}{12} \times 35 \times (50^3)$$

$$I_b = 590625 \text{ cm}^4$$

Momen Inersia Pelat

$$I_p = \frac{t^3}{12} \times b_p \quad I_p = \frac{13^3}{12} \times 431.25$$

$$I_p = 78954.6875 \text{ cm}^4$$

$$a = \frac{I_b}{I_p} = 7.481$$

Dari keempat balok tersebut diambil nilai rata-rata  $\alpha$  :

$$\alpha_m = \frac{26.261 + 7.481 + 7.481 + 7.481}{4}$$

$$\alpha_m = 12.176$$

Karena  $\alpha_m$  lebih besar dari 2.0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari persamaan berikut

$$h = \frac{\ln\left(0.8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 9.5.3.3(c))

dan tidak boleh kurang dari 90 mm, sehingga,

$$h = \frac{460 \times \left(0.8 + \frac{390}{1400}\right)}{36 + (9 \times 1.449)}$$

$$h = 10.117 \text{ cm}$$

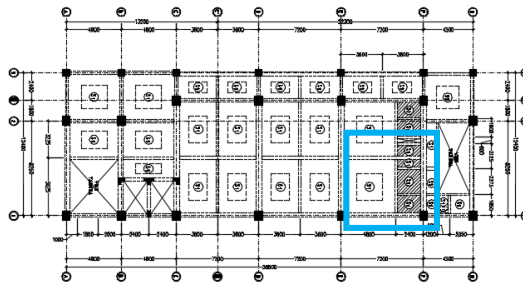
$$h = 101.17 \text{ mm} > 90 \text{ mm}$$

Maka dimensi pelat lantai yang digunakan adalah 120mm

## a. Data Perencanaan :

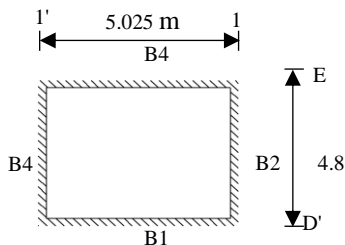
- Tipe Pelat : P2
- Kuat Tekan Beton ( $F_c'$ ) : 25 Mpa
- Kuat Leleh Tulangan ( $F_y$ ) : 390 Mpa
- Rencana Tebal Pelat : 13 Cm
- Bentang Pelat Sumbu Panjang ( $L_y$ ) : 502.5 Cm
- Bentang Pelat Sumbu Pendek ( $L_x$ ) : 480 Cm
- Dimensi Balok B1 As E (1-1') : 45/70
- Dimensi Balok B2 As 1 (E-E') : 35/50
- Dimensi Balok B4 As E'(1-1') : 35/50
- Dimensi Balok B4 As 1' (E-E') : 35/50

## b. Gambar Denah Perencanaan

**Gambar 4.24 Rencana Denah Pelat (P2)**

## c. Perhitungan Perencanaan

- Sketsa Perencanaan



$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{502.5 \text{ cm}}{480 \text{ cm}} = 1.047 < 2 \implies \text{(Pelat Dua Arah)}$$

- Bentang Bersih sumbu panjang ( $L_n$ ) :

$$L_n = L_y - \frac{bw}{2} - \frac{bw}{2}$$

$$L_n = 502,5 - \frac{35}{2} - \frac{35}{2}$$

$$L_n = 467.5 \text{ cm}$$

- Bentang Bersih sumbu pendek ( $S_n$ ) :

$$S_n = L_x - \frac{bw}{2} - \frac{bw}{2}$$

$$S_n = 480 - \frac{45}{2} - \frac{35}{2}$$

$$S_n = 440 \text{ cm}$$

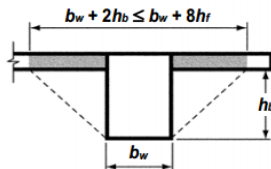
- Rasio antara bentang bersih sumbu panjang terhadap bentang bersih sumbu pendek :

$$\beta_n = \frac{L_n}{S_n}$$

$$\beta_n = \frac{467.5 \text{ cm}}{440 \text{ cm}} \quad \beta_n = 1.063$$

- Tinjau Balok Yang Ditumpu

- a. B1 as E (1-1')



$$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$$

$$b_{e1} = b_w + 2(h - h_f)$$

$$b_{e1} = 45 \text{ cm} + 2(70 \text{ cm} - 13 \text{ cm})$$

$$b_{e1} = 159 \text{ cm}$$

$$b_{e2} = b_w + 8h_f$$

$$b_{e2} = 45 \text{ cm} + 8(13 \text{ cm})$$

$$b_{e2} = 149 \text{ cm}$$

$$\text{Dipakai nilai } b_{e1} = 149 \text{ cm}$$

(SNI 2847:2013 pasal 13.2.4)

Faktor modifikasi (Desain beton bertulang Chu-Kia

Wang Charles G.Salmon 16.4.2.b)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{149}{45} - 1\right) \times \left(\frac{13}{70}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{13}{70}\right) + 4 \left(\frac{13}{70}\right)^2 + \left(\frac{149}{45} - 1\right) \times \left(\frac{13}{70}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{149}{45} - 1\right) \times \left(\frac{13}{70}\right)}$$

$$k = 1.612$$

Momen inersia penampang T

$$I_b = k \times \frac{1}{12} \times b_w \times (h^3)$$

$$I_b = 1.612 \times \frac{1}{12} \times 45 \times (70^3)$$

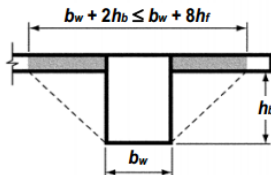
$$I_b = 2073435 \text{ cm}^4$$

Momen Inersia Pelat

$$I_p = \frac{t^3}{12} \times b_p \quad I_p = \frac{13^3}{12} \times 491.25 \quad I_p = 89939.688 \text{ cm}^4$$

$$\alpha = \frac{I_b}{I_p} = 23.054$$

- Tinjau Balok Yang Ditumpu
- b. B2 as 1 (E-E')



$$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$$

$$b_{e1} = b_w + 2(h - h_f)$$

$$b_{e1} = 35\text{m} + 2(50 \text{ cm} - 13 \text{ cm})$$

$$b_{e1} = 109 \text{ cm}$$

$$b_{e2} = b_w + 8h_f$$

$$b_{e2} = 35 \text{ cm} + 8(13 \text{ cm})$$

$$b_{e2} = 139 \text{ cm}$$

$$\text{Dipakai nilai } b_{e1} = 109 \text{ cm}$$

(SNI 2847:2013 pasal 13.2.4)

Faktor modifikasi (Desain beton bertulang Chu-Kia

Wang Charles G. Salmon 16.4.2.b)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{109}{35} - 1\right) \times \left(\frac{13}{50}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{13}{50}\right) + 4 \left(\frac{13}{50}\right)^2 + \left(\frac{109}{35} - 1\right) \times \left(\frac{13}{50}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{109}{35} - 1\right) \times \left(\frac{13}{50}\right)}$$

$$k = 1.620$$

Momen inersia penampang T

$$I_b = k \times \frac{1}{12} \times b_w \times (h^3)$$

$$I_b = 1.620 \times \frac{1}{12} \times 35 \times (50^3)$$

$$I_b = 590625 \text{ cm}^4$$

Momen Inersia Pelat

$$I_p = \frac{t^3}{12} \times b_p$$

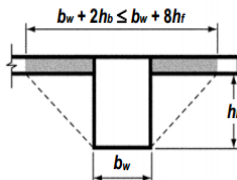
$$I_p = \frac{13^3}{12} \times 491.25$$

$$I_p = 89939.7 \text{ cm}^4$$

$$\alpha = \frac{I_b}{I_p} = 6.567$$

• Tinjau Balok Yang Ditumpu

c. B4 as E'(1-1')



$$\begin{aligned}
b_e &= b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f \\
b_{e1} &= b_w + 2(h - h_f) \\
b_{e1} &= 35\text{cm} + 2(50\text{ cm} - 13\text{ cm}) \\
b_{e1} &= 109\text{ cm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
b_{e2} &= b_w + 8h_f \\
b_{e2} &= 35\text{cm} + 8(13\text{cm}) \\
b_{e2} &= 139\text{ cm} \\
\text{Dipakai nilai } b_{e1} &= 109\text{ cm}
\end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 pasal 13.2.4)

Faktor modifikasi (Desain beton bertulang Chu-Kia

Wang Charles G.Salmon 16.4.2.b)

$$\begin{aligned}
k &= \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)} \\
k &= \frac{1 + \left(\frac{109}{35} - 1\right) \times \left(\frac{13}{50}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{13}{50}\right) + 4 \left(\frac{13}{50}\right)^2 + \left(\frac{109}{35} - 1\right) \times \left(\frac{13}{50}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{109}{35} - 1\right) \times \left(\frac{13}{50}\right)}
\end{aligned}$$

$$k = 1.620$$

Momen inersia penampang T

$$\begin{aligned}
I_b &= k \times \frac{1}{12} \times b_w \times (h^3) \\
I_b &= 1.620 \times \frac{1}{12} \times 35 \times (50^3) \\
I_b &= 590625\text{ cm}^4
\end{aligned}$$

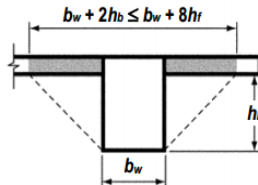
Momen Inersia Pelat

$$\begin{aligned}
I_p &= \frac{t^3}{12} \times b_p \quad I_p = \frac{13^3}{12} \times 491.25 \quad I_p = 89939.7\text{ cm}^4
\end{aligned}$$

$$\alpha = \frac{I_b}{I_p} = 6.567$$



- Tinjau Balok Yang ditumpu
- d. Balok B3 as D' (1-1')



$$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$$

$$b_{e1} = b_w + 2(h - h_f)$$

$$b_{e1} = 35\text{cm} + 2(50\text{ cm} - 13\text{ cm})$$

$$b_{e1} = 109\text{ cm}$$

$$b_{e2} = b_w + 8h_f$$

$$b_{e2} = 35\text{cm} + 8(13\text{cm})$$

$$b_{e2} = 139\text{ cm}$$

Dipakai nilai  $b_{e1} = 109\text{ cm}$

Faktor modifikasi (Desain beton bertulang Chu-Kia  
Wang Charles G.Salmon 16.4.2.b)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{109}{35} - 1\right) \times \left(\frac{13}{50}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{13}{50}\right) + 4 \left(\frac{13}{50}\right)^2 + \left(\frac{109}{35} - 1\right) \times \left(\frac{13}{50}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{109}{35} - 1\right) \times \left(\frac{13}{50}\right)}$$

$$k = 1.620$$

Momen inersia penampang T

$$I_b = k \times \frac{1}{12} \times b_w \times (h^3)$$

$$I_b = 1.620 \times \frac{1}{12} \times 35 \times (50^3)$$

$$I_b = 590625\text{ cm}^4$$

Momen Inersia Pelat

$$I_p = \frac{t^3}{12} \times b_p \quad I_p = \frac{13^3}{12} \times 491.25$$

$$I_p = 89939.7 \text{ cm}^4$$

$$\alpha = \frac{I_b}{I_p} = 6.567$$

Dari keempat balok tersebut diambil nilai rata-rata  $\alpha$  :

$$\alpha_m = \frac{23.054 + 6.567 + 6.567 + 6.567}{4}$$

$$\alpha_m = 10.688$$

Karena  $\alpha_m$  lebih besar dari 2.0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari persamaan berikut :

$$h = \frac{\ln \left( 0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 9.5.3.3(c))

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

sehingga,

$$h = \frac{467.5 \times \left( 0.8 + \frac{390}{1400} \right)}{36 + (9 \times 1.063)}$$

$$h = 11.067 \text{ cm}$$

$$h = 110.67 \text{ mm} > 90 \text{ mm}$$

maka dimensi pelat lantai yang digunakan adalah 120 mm

#### 4.1.5. Perencanaan Dimensi Tangga

Dalam perencanaan dimensi tangga terdapat data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, hasil perhitungan perencanaan, dalam perencanaan Gedung Perkuliahan 6 Lantai Surabaya yaitu sebagai berikut :

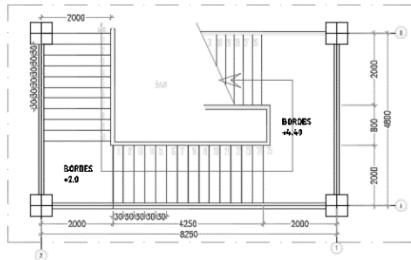
##### Perhitungan Tangga Depan Lantai Dasar :

a. Data-data Perencanaan (Tipe 1) :

- Kuat Tekan Beton ( $F_c'$ ) : 25 Mpa
- Kuat Leleh Tulangan ( $F_y$ ) : 390 Mpa
- Tebal Pelat : 15 Cm
- Lebar Injakan (I) : 30 Cm

- Tinggi Injakan (T) : 17 Cm
- Tinggi Tangga : 200 Cm
- Tinggi Bordes : 200 Cm
- Panjang Datar Tangga : 280 Cm

b. Gambar Denah Perencanaan



**Gambar 4.25 Rencana Denah Tangga Tipe 1 Lantai 1**

c. Perhitungan Perencanaan

- Panjang miring tangga :

$$L = \sqrt{(\text{tinggi bordes})^2 + (\text{panjang tangga})^2}$$

$$L = \sqrt{(280 \text{ cm})^2 + (170 \text{ cm})^2}$$

$$L = 343.279 \text{ cm}$$

- Panjang miring anak tangga :

$$Ab = 17 \text{ cm}$$

$$Bc = 30 \text{ cm}$$

$$Ac = \sqrt{(17 \text{ cm})^2 + (30 \text{ cm})^2}$$

$$Ac = 34.48 \text{ cm}$$

- Sudut Kemiringan Anak Tangga :

$$\alpha = \arctan \frac{t}{i} \quad \alpha = 29.54$$

- Syarat Sudut Kemiringan

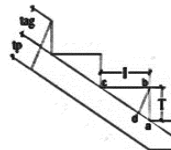
$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ \ggggg 25^\circ \leq 29.54 \leq 40^\circ$$

- Syarat Lebar Tanjakan Dan Tinggi Injakan

$$60^\circ \leq 2ti \leq 65^\circ \ggggg 60^\circ \leq 64 \leq 65^\circ$$

- Jumlah Tanjakan

$$nt = \frac{\text{tinggi pelat tangga}}{t}$$



$$n_t = \frac{200}{17}$$

$$n_t = 11.76$$

- Jumlah Injakan

$$N_i = n_t - 1$$

$$N_i = 11.76 - 1 = 10.76$$

- Tebal efektif pelat tangga

$$h_e = \frac{i \times t}{\text{panjang miring anak tangga}}$$

$$h_e = \frac{17 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}}{34.48 \text{ cm}}$$

$$h_e = 14.79 \text{ cm}$$

Sehingga,

$$h = \frac{2}{3} h_e \quad h = \frac{2}{3} 14.79 \text{ cm} \quad h = 9.86 \text{ cm}$$

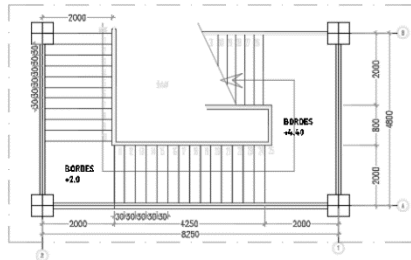
Maka tebal efektif pelat yaitu 9.86 cm

Berikut perhitungan perencanaan dimensi Tangga tipe 2, sebagai berikut :

- a. Data-Data Perencanaan (Tipe 1.1) :

- Kuat Tekan Beton ( $F_c'$ ) : 25 Mpa
- Kuat Leleh Tulangan ( $F_y$ ) : 390 Mpa
- Tebal Pelat : 15 Cm
- Lebar Injakan (I) : 30 Cm
- Tinggi Injakan (T) : 17 Cm
- Tinggi Tangga : 220 Cm
- Tinggi Bordes : 220 Cm
- Panjang Datar Tangga : 425 Cm

## b. Gambar Denah Perencanaan

**Gambar 4.26 Rencana Denah Tangga Tipe 1.1 Lantai 1**

- Panjang miring tangga :

$$L = \sqrt{(\text{tinggi bordes})^2 + (\text{panjang tangga})^2}$$

$$L = \sqrt{(425 \text{ cm})^2 + (220 \text{ cm})^2}$$

$$L = 478.566 \text{ cm}$$

- Panjang miring anak tangga :

$$Ab = 17 \text{ cm}$$

$$Bc = 30 \text{ cm}$$

$$Ac = \sqrt{(17 \text{ cm})^2 + (30 \text{ cm})^2}$$

$$Ac = 34.48 \text{ cm}$$

- Sudut Kemiringan Anak Tangga :

$$\alpha = \arctan \frac{t}{i}$$

$$\alpha = 29.54$$

- Syarat Sudut Kemiringan

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ \gggg 25^\circ \leq 29.54 \leq 40^\circ$$

- Syarat Lebar Tanjakan Dan Tinggi Injakan

$$60^\circ \leq 2ti \leq 65^\circ \gggg 60^\circ \leq 64 \leq 65^\circ$$

- Jumlah Tanjakan

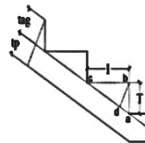
$$nt = \frac{\text{tinggi pelat tangga}}{t}$$

$$nt = 14.67$$

- Jumlah Injakan

$$Ni = nt - 1$$

$$Ni = 13.67$$





### Gambar 4.27 Rencana Denah Tangga Tipe 1.1 Lantai 1

c. Perhitungan Perencanaan

- Panjang miring tangga :

$$L = \sqrt{(\text{tinggi bordes})^2 + (\text{panjang tangga})^2}$$

$$L = \sqrt{(485 \text{ cm})^2 + (220 \text{ cm})^2}$$

$$L = 549.923 \text{ cm}$$

- Panjang miring anak tangga :

$$Ab = 17 \text{ cm}$$

$$Bc = 30 \text{ cm}$$

$$Ac = \sqrt{(17 \text{ cm})^2 + (30 \text{ cm})^2}$$

$$Ac = 34.48 \text{ cm}$$

- Sudut Kemiringan Anak Tangga :

$$\alpha = \arctan \frac{t}{i}$$

$$\alpha = 29.54$$

- Syarat Sudut Kemiringan

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ \gggg 25^\circ \leq 29.54 \leq 40^\circ$$

- Syarat Lebar Tanjakan Dan Tinggi Injakan

$$60^\circ \leq 2t_i \leq 65^\circ \gggg 60^\circ \leq 64 \leq 65^\circ$$

- Jumlah Tanjakan

$$nt = \frac{\text{tinggi pelat tangga}}{t}$$

$$nt = 12.94$$

- Jumlah Injakan

$$Ni = nt - 1$$

$$Ni = 11.94$$

- Tebal efektif pelat tangga

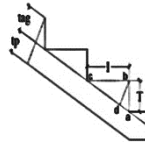
$$he = \frac{i \times t}{\text{panjang miring anak tangga}}$$

$$he = \frac{17 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}}{34.48 \text{ cm}}$$

$$he = 14.79 \text{ cm}$$

Sehingga,

$$h = \frac{2}{3} he$$



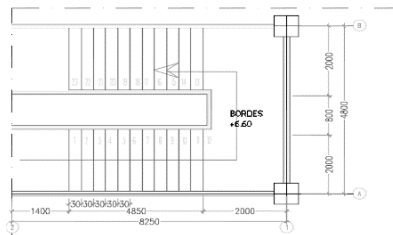
$$h = \frac{2}{3} 14.79 \text{ cm}$$

$$h = 9.861 \text{ cm}$$

Maka tebal efektif pelat yaitu 9.861 cm

Perhitungan Tangga depan Lantai 2-6 :

- a. Data-data Perencanaan (Tipe 2) :
- Kuat tekan beton ( $f_c'$ ) : 25 Mpa
  - Kuat leleh tulangan ( $f_y$ ) : 390 Mpa
  - Tebal Pelat : 15 cm
  - Lebar Injakan (i) : 30 cm
  - Tinggi Injakan (t) : 17 cm
  - Tinggi tangga : 220 cm
  - Tinggi bordes : 260 cm
  - Panjang datar tangga 1 : 485 cm
  - Panjang datar tangga 1 : 485 cm
- b. Gambar Denah Perencanaan



**Gambar 4.28 Rencana Denah Tangga Tipe 2 Lantai 2-6**

- c. Perhitungan Perencanaan

- Panjang miring tangga :

$$L = \sqrt{(\text{tinggi bordes})^2 + (\text{panjang tangga})^2}$$

$$L = \sqrt{(220\text{cm})^2 + (485 \text{ cm})^2}$$

$$L = 532.6\text{cm}$$



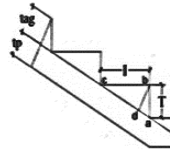
- Panjang miring anak tangga :

$$Ab = 17 \text{ cm}$$

$$Bc = 30 \text{ cm}$$

$$Ac = \sqrt{(17 \text{ cm})^2 + (30 \text{ cm})^2}$$

$$Ac = 34.48 \text{ cm}$$



- Sudut Kemiringan Anak Tangga :

$$\alpha = \arctan \frac{t}{l} \quad \alpha = 29.54$$

- Syarat Sudut Kemiringan

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ \gggg 25^\circ \leq 29.54 \leq 40^\circ$$

- Syarat Lebar Tanjakan Dan Tinggi Injakan

$$60^\circ \leq 2t_i \leq 65^\circ \gggg 60^\circ \leq 64 \leq 65^\circ$$

- Jumlah Tanjakan

$$nt = \frac{\text{tinggi pelat tangga}}{t}$$

$$nt = \frac{220}{17}$$

$$nt = 12.94$$

- Jumlah Injakan

$$Ni = nt - 1$$

$$Ni = 12.94 - 1 = 11.94$$

- Tebal efektif pelat tangga

$$he = \frac{i \times t}{\text{panjang miring anak tangga}}$$

$$he = \frac{17 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}}{34.48 \text{ cm}}$$

$$he = 14.79 \text{ cm}$$

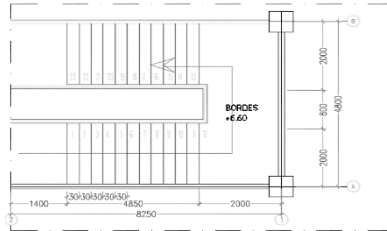
Sehingga,

$$h = \frac{2}{3} he \quad h = \frac{2}{3} 14.79 \text{ cm} \quad h = 9.86 \text{ cm}$$

Maka tebal efektif pelat yaitu 9.86 cm

Berikut perhitungan perencanaan dimensi Tangga tipe 2, sebagai berikut :

- a. Data-data Perencanaan (Tipe 2) :
- Kuat Tekan Beton ( $F_c'$ ) : 25 Mpa
  - Kuat Leleh Tulangan ( $F_y$ ) : 390 Mpa
  - Tebal Pelat : 15 Cm
  - Lebar Injakan (I) : 30 Cm
  - Tinggi Injakan (T) : 17 Cm
  - Tinggi Tangga : 260 Cm
  - Tinggi Bordes : 260 Cm
  - Panjang Datar Tangga : 485 Cm
- b. Gambar Denah Perencanaan



**Gambar 4.29 Rencana Denah Tangga Tipe 2 Lantai 2-6**

- d. Perhitungan Perencanaan

- Panjang miring tangga :

$$L = \sqrt{(\text{tinggi bordes})^2 + (\text{panjang tangga})^2}$$

$$L = \sqrt{(260 \text{ cm})^2 + (485 \text{ cm})^2}$$

$$L = 550.3 \text{ cm}$$

- Panjang miring anak tangga :

$$Ab = 17 \text{ cm}$$

$$Bc = 30 \text{ cm}$$

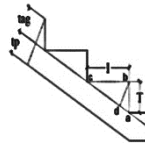
$$Ac = \sqrt{(17 \text{ cm})^2 + (30 \text{ cm})^2}$$

$$Ac = 34.48 \text{ cm}$$

- Sudut Kemiringan Anak Tangga :

$$\alpha = \arctan \frac{t}{i}$$

$$\alpha = 29.54^\circ$$



- Syarat Sudut Kemiringan  
 $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ \gggg 25^\circ \leq 29.54 \leq 40^\circ$
- Syarat Lebar Tanjakan Dan Tinggi Injakan  
 $60^\circ \leq 2t_i \leq 65^\circ \gggg 60^\circ \leq 64 \leq 65^\circ$
- Jumlah Tanjakan  

$$n_t = \frac{\text{tinggi pelat tangga}}{t}$$

$$n_t = 15.29$$
- Jumlah Injakan  

$$N_i = n_t - 1$$

$$N_i = 14.29$$
- Tebal efektif pelat tangga  

$$h_e = \frac{i \times t}{\text{panjang miring anak tangga}}$$

$$h_e = \frac{17 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}}{34.48 \text{ cm}}$$

$$h_e = 14.79 \text{ cm}$$

Sehingga,

$$h = \frac{2}{3} h_e$$

$$h = \frac{2}{3} 14.79 \text{ cm}$$

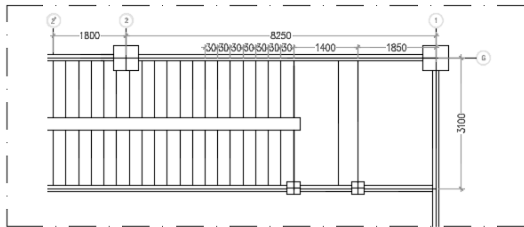
$$h = 9.861 \text{ cm}$$

Maka tebal efektif pelat yaitu 9.861 cm

#### Perhitungan Tangga Belakang Lantai 1-5 :

- a. Data-data Perencanaan (Tipe 3) :
- Kuat Tekan Beton ( $F_c'$ ) : 25 Mpa
  - Kuat Leleh Tulangan ( $F_y$ ) : 390 Mpa
  - Tebal Pelat : 15 Cm
  - Lebar Injakan (I) : 30 Cm
  - Tinggi Injakan (T) : 17 Cm
  - Tinggi Tangga : 340 Cm
  - Tinggi Bordes : 340 Cm
  - Panjang Datar Tangga : 680 Cm

## b. Gambar Denah Perencanaan

**Gambar 4.30 Rencana Denah Tangga Tipe 3 Lantai 1-5**

## c. Perhitungan Perencanaan

- Panjang miring tangga :

$$L = \sqrt{(\text{tinggi bordes})^2 + (\text{panjang tangga})^2}$$

$$L = \sqrt{(680\text{cm})^2 + (170\text{ cm})^2}$$

$$L = 760.26\text{ cm}$$

- Panjang miring anak tangga :

$$Ab = 17\text{ cm}$$

$$Bc = 30\text{ cm}$$

$$Ac = \sqrt{(17\text{ cm})^2 + (30\text{cm})^2}$$

$$Ac = 34.48\text{ cm}$$

- Sudut Kemiringan Anak Tangga :

$$\alpha = \arctan \frac{t}{i} \quad \alpha = 29.54$$

- Syarat Sudut Kemiringan

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ \ggggg 25^\circ \leq 29.54 \leq 40^\circ$$

- Syarat Lebar Tanjakan Dan Tinggi Injakan

$$60^\circ \leq 2ti \leq 65^\circ \ggggg 60^\circ \leq 64 \leq 65^\circ$$

- Jumlah Tanjakan

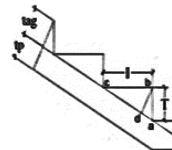
$$nt = \frac{\text{tinggi pelat tangga}}{t}$$

$$nt = \frac{340}{17}$$

$$nt = 20$$

- Jumlah Injakan

$$Ni = nt - 1$$



$$N_i = 20 - 1 = 19$$

- Tebal efektif pelat tangga

$$h_e = \frac{i \times t}{\text{panjang miring anak tangga}}$$

$$h_e = \frac{17 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}}{34.48 \text{ cm}}$$

$$h_e = 14.79 \text{ cm}$$

Sehingga,

$$h = \frac{2}{3} h_e \quad h = \frac{2}{3} 14.79 \text{ cm} \quad h = 9.86 \text{ cm}$$

Maka tebal efektif pelat yaitu 9.86 cm

## 4.2. Menentukan Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

### 1. Lokasi Data Tanah didaerah Sumenep

#### a. Borlog 1

DRILLING LOG															
Project No. : 1			Project : Soil Investigation Ret Area			Type of Drilling : Rotary			Remarks :						
Bore Hole No. : III			Lokasi : Sumenep - Jawa Timur			Date : 6 Agustus 2015			ID = Undisturb Sample						
Water Table : - M			Elevation : ± 0,0 ( muka tanah setempat )			Driller : Randi			SPT = SPT Test						
Station in m	Elevation	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	Ground Remarks	UD / SPT TEST		Standard Penetration Test				
									Depth in m	Sample Code	N-Value	Blows per each 15 cm			N - Value
												0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	
0	0.00														
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29															
30															
31															
32															
33															
34															
35															
36															
37															
38															
39															
40															
41															
42															
43															
44															
45															
46															
47															
48															
49															
50															
51															
52															
53															
54															
55															
56															
57															
58															
59															
60															
61															
62															
63															
64															
65															
66															
67															
68															
69															
70															
71															
72															
73															
74															
75															
76															
77															
78															
79															
80															
81															
82															
83															
84															
85															
86															
87															
88															
89															
90															
91															
92															
93															
94															
95															
96															
97															
98															
99															
100															

Legenda:

Lempung

Pasir

Batu

Lempu

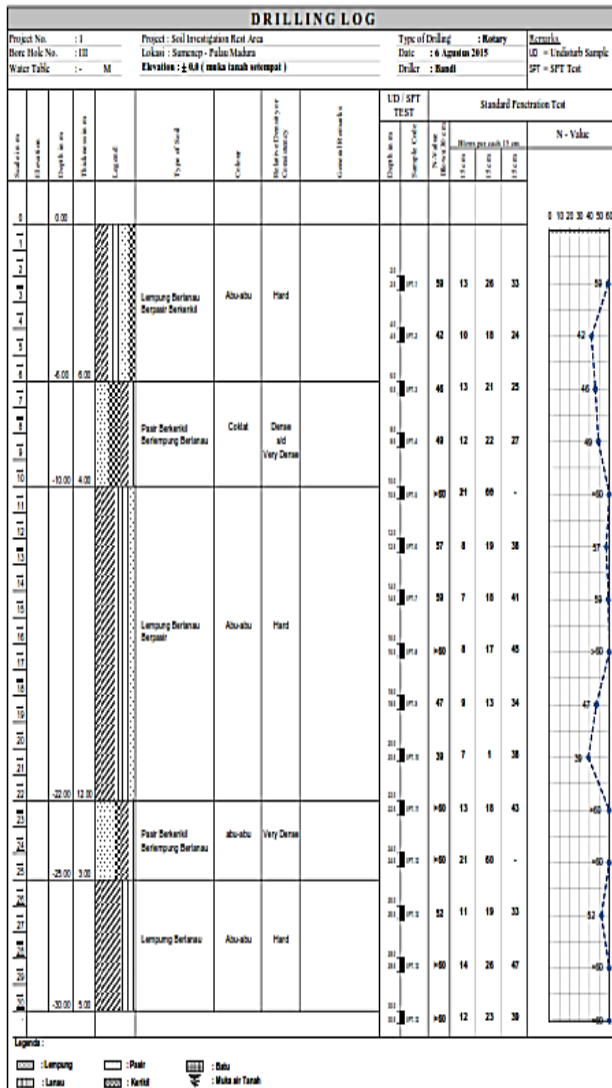
Kerikil

Muka air Tanah

Legenda :

: Lempung   
 : Pasir   
 : Batu  
 : Lempung Berkerikil   
 : Kerikil   
 : Muka air Tanah

## b. Borlog 2



## c. Borlog 3

DRILLING LOG													
Project No. : 1			Project : Soil Investigation Rest Area				Type of Drilling : Rotary			Remarks:			
Bore Hole No. : 1			Lokasi : Sumenep - Pulau Madura				Date : 1 Agustus 2015			UD = Underslab Sample			
Water Table : - M			Elevation : $\pm 0.0$ ( muka tanah setempat )				Driller : Baidi			SPT = SPT Test			
Scale, m	Elevation	Depth, m	Thickness, m	Layout	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	Special Remarks	Standard Penetration Test				N - Value
									UD / SPT TEST	Sample Code	Blow per each 15 cm	15 cm	15 cm
0	0.00												
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
32													
33													
34													
35													
36													
37													
38													
39													
40													
41													
42													
43													
44													
45													
46													
47													
48													
49													
50													
51													
52													
53													
54													
55													
56													
57													
58													
59													
60													
61													
62													
63													
64													
65													
66													
67													
68													
69													
70													
71													
72													
73													
74													
75													
76													
77													
78													
79													
80													
81													
82													
83													
84													
85													
86													
87													
88													
89													
90													
91													
92													
93													
94													
95													
96													
97													
98													
99													
100													

Legenda :

: Lempung

: Pasir

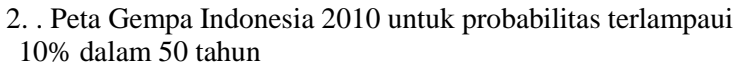
: Batu

: Lempur

: Kerikil

: Muka Tanah





1. Mencari Nilai N dari data boring log (SPT)

- Borlog 1

	di	Ni	di/Ni
d1	2	59	0.033898
d2	2	42	0.047619
d3	2	46	0.043478
d4	2	49	0.040816
d5	2	60	0.033333
d6	2	57	0.035088
d7	2	59	0.033898
d8	2	60	0.033333
d9	2	47	0.042553
d10	2	39	0.051282
d11	2	60	0.033333
d12	2	60	0.033333
d13	2	52	0.038462
d14	2	60	0.033333
d15	2	60	0.033333
Σ	30	345	0.567095

- Borlog 2

	di	Ni	di/Ni
d1	2	47	0.0426
d2	2	60	0.0333
d3	2	60	0.0333
d4	2	60	0.0333
d5	2	51	0.0392
d6	2	40	0.0500
d7	2	32	0.0625
d8	2	14	0.1429
d9	2	46	0.0435
d10	2	22	0.0909
d11	2	21	0.0952
d12	2	21	0.0952
d13	2	29	0.0690
d14	2	60	0.0333
d15	2	60	0.0333
Σ	30	623	0.8976

- Borlog 3

	di	Ni	di/Ni
d1	2	37	0.0541
d2	2	41	0.0488
d3	2	25	0.0800
d4	2	20	0.1000
d5	2	15	0.1333
d6	2	18	0.1111
d7	2	33	0.0606
d8	2	60	0.0333
d9	2	26	0.0769
d10	2	44	0.0455
d11	2	60	0.0333
d12	2	52	0.0385
d13	2	60	0.0333
d14	2	60	0.0333
d15	2	60	0.0333
Σ	30	611	0.9154

$$N_1 = \frac{\sum di}{\sum Ni} = \frac{30}{0.567} = 52.901$$

$$N_2 = \frac{\sum di}{\sum Ni} = \frac{30}{0.8976} = 33.42$$

$$N_3 = \frac{\sum di}{\sum Ni} = \frac{30}{0.9154} = 32.77$$

Tabel 3. Klasifikasi Situs

Kelas situs	N' atau N <sub>60</sub>
SA (batuan keras)	N/A
SB (batuan)	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	>50
SD (tanah sedang)	15sampai 50

Berdasarkan Klasifikasi Situs

*SNI 1726:2012 Tabel 3*,

dapat disimpulkan bahwa,

N<sub>1</sub> = Tanah Keras, N<sub>2</sub> = Tanah

Sedang ,

N<sub>3</sub> = Tanah Sedang.

2. Dari Peta Gempa Indonesia 2010 untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun (periode ulang 500 tahun) :  
 $S_s = 0.2-0.25g$ , diambil terkecil = 0.2  
 $S_1 = 0.05- 0.1g$ , diambil terkecil = 0.05
3. Menghitung FA dan Fv

**Tabel 3.6 Koefisien Situs Fa**

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS <sup>b</sup>				

**CATATAN:**

- (a) Untuk nilai-nilai antara  $S_s$  dapat dilakukan interpolasi linier
- (b) SS= Situs yang memerlukan Investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

**Tabel 3.7. Koefisien Situs Fv**

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa $MCE_R$ terpetakan pada periode 1 detik, $S_1$				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS <sup>b</sup>				

**CATATAN :**

- (a) Untuk nilai-nilai antara  $S_1$  dapat dilakukan interpolasi linier
- (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

- Nilai Fa (lihat tabel 3.6)→ maka diperoleh nilai  $Fa_1 = 1.2$  (Kelas situs SC dan  $S_s < 0.25$ ),  $Fa_2$  dan  $Fa_3 = 1.6$  (Kelas situs SD dan  $S_s < 0.25$ )
- Nilai Fv (lihat tabel 3.7)→ maka diperoleh nilai  $Fv_1 = 1.7$  (Kelas situs SC dan  $S_1 \leq 0.1$ ),  $Fv_2$  dan  $Fv_3 = 2.4$  (Kelas situs SD dan  $S_1 < 0.1$ )

## 4. Menghitung Sms, Sds, Sm1, Sd1 :

- Sms  $= F_a \times S_s = 1.6 \times 0.2 = 0.32$
- Sds  $= \frac{2}{3} \times S_{ms} = \frac{2}{3} \times 0.32 = 0.213$
- Sm1  $= F_v \times S_1 = 2.4 \times 0.05 = 0.120$
- Sd1  $= \frac{2}{3} \times S_{m1} = \frac{2}{3} \times 0.120 = 0.080$

Borlog ke-	Sms	Sds	Sm1	Sd1
1	0.24	0.16	0.085	0.057
2	0.32	0.21	0.12	0.08
3	0.32	0.21	0.12	0.08

## 5. Menghitung parameter-parameter :

$$T_0 = 0.2 \times \frac{S_{d1}}{S_{ds}} = 0.2 \times \frac{0.08}{0.21} = 0.075$$

$$S_0 = S_{ds} \times (0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0})$$

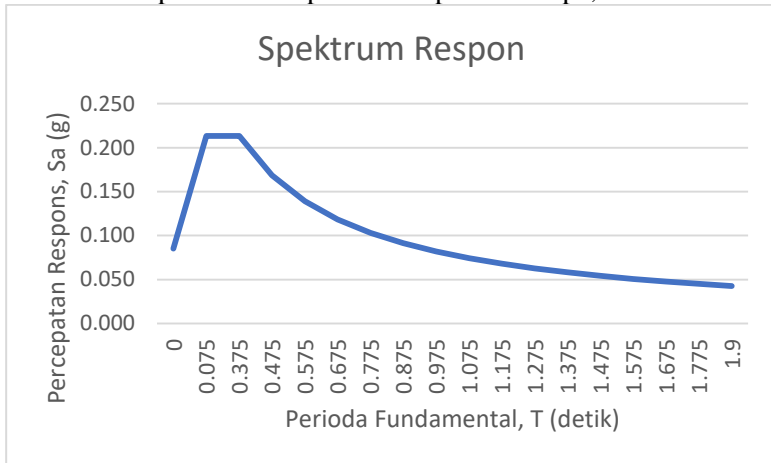
$$= 0.21 \times (0.4 + 0.6 \frac{0.0}{0.075}) = 0.213$$

$$T_s = \frac{S_{d1}}{S_{ds}} = \frac{0.08}{0.21} = 0.375$$

T (detik)	Sa(g)
0	0.0853
0.075	0.2133
0.375	0.2133
0.475	0.168
0.575	0.139
0.675	0.119
0.775	0.103
0.875	0.091
0.975	0.082
1.075	0.074

T (detik)	Sa(g)
1.175	0.068
1.275	0.063
1.375	0.058
1.475	0.054
1.575	0.051
1.675	0.048
1.775	0.045
1.875	0.043
1.975	0.041
2.075	0.039

Grafik 4.1. Spektrum Respons Percepatan Gempa,  $S_a$



6. Menentukan Kategori Risiko fungsi Bangunan Gedung

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bangunan-bangunan monumental</li> <li>- <b>Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</b></li> <li>- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> </ul>	IV

- Kategori IV fungsi bangunan yaitu Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan

6. Menentukan Kategori Risiko dari Kategori Desain Seismik.

**Tabel 4.1 Kategori Desain seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek**

Nilai $S_{DS}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

**Tabel 4.2 Kategori Desain seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik**

Nilai $S_{D1}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Dari hasil perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa, Berdasarkan kategori desain seismik parameter respons percepatan pada periode pendek ( $S_s$ ), dan kategori desain seismik parameter respons percepatan pada periode 1 detik ( $S_1$ ), yaitu merupakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), dengan penjabaran sebagai berikut :

Borlog ke-	Sds	KDS	Sd1	KDS
1	0.16	A	0.057	A
2	0.21	C	0.08	C
3	0.21	C	0.08	C

### 4.3. Pembebanan Struktur

#### 4.3.1. Pembebanan Pelat

- **Beban Pada Pelat Lantai**

Berat sendiri pelat ( $0.12\text{m} \times 2400\text{ kg/m}^3$ ) = 288 kg/m<sup>2</sup>

Plafond kalsi 4.5 (brosur) = 6.4 kg/m<sup>2</sup>

Penggantung = 8 kg/m<sup>2</sup>

Instalasi listrik, AC, dll = 40 kg/m<sup>2</sup>

Plumbing = 25 kg/m<sup>2</sup>

Berat keramik 30 x 30 (brosur) = 15 kg/m<sup>2</sup>

Berat spesi 2 cm = 12 kg/m<sup>2</sup>

Qd lantai = 424.4 kg/m<sup>2</sup>

- **Beban Hidup Pelat Lantai sesuai SNI 1727-2013 :**

- **Beban Hidup Lantai 1 :**

Ruang kantor = 240 kg/m<sup>2</sup>

Koridor lantai 1 = 479 kg/m<sup>2</sup>

Ql Lantai 1 = 719 kg/m<sup>2</sup>

- **Beban Hidup Lantai 2 :**

Ruang kantor = 240 kg/m<sup>2</sup>

Koridor lantai 2 = 383 kg/m<sup>2</sup>

Ql Lantai 2 = 623 kg/m<sup>2</sup>

- **Beban Hidup Lantai 3 :**

Ruang kantor = 240 kg/m<sup>2</sup>

Koridor lantai 3 = 383 kg/m<sup>2</sup>

Ql Lantai 3 = 623 kg/m<sup>2</sup>

- **Beban Hidup Lantai 4:**

Ruang kantor = 240 kg/m<sup>2</sup>

Koridor lantai 4 = 383 kg/m<sup>2</sup>

Laboratorium = 287 kg/m<sup>2</sup>

Ql Lantai 4 = 910 kg/m<sup>2</sup>

- **Beban Hidup Lantai 5 :**

Ruang sidang = 240 kg/m<sup>2</sup>

Koridor lantai 5 = 383 kg/m<sup>2</sup>

Ruang kelas = 192 kg/m<sup>2</sup>

Ql Lantai 5 = 815 kg/m<sup>2</sup>

- **Beban Ultimate rencana SNI 2847-2013 pasal 9.2.1**

- **Beban Ultimate Lantai 1**
  - $qu\ 1 = 1.2D + 1.6L$
  - $qu\ 1 = 1.2(424.3) + 1.6\ (719)$
  - $qu\ 1 = 1659.68\ \text{kg/m}^2$
- **Beban Ultimate Lantai 2**
  - $qu\ 2 = 1.2D + 1.6L$
  - $qu\ 2 = 1.2(424.3) + 1.6\ (623)$
  - $qu\ 2 = 1506.08\ \text{kg/m}^2$
- **Beban Ultimate Lantai 3**
  - $qu\ 3 = 1.2D + 1.6L$
  - $qu\ 3 = 1.2(424.3) + 1.6\ (623)$
  - $qu\ 3 = 1506.08\ \text{kg/m}^2$
- **Beban Ultimate Lantai 4**
  - $qu\ 4 = 1.2D + 1.6L$
  - $qu\ 4 = 1.2(424.3) + 1.6\ (910)$
  - $qu\ 4 = 1965.28\ \text{kg/m}^2$
- **Beban Ultimate Lantai 5**
  - $qu\ 5 = 1.2D + 1.6L$
  - $qu\ 5 = 1.2(424.3) + 1.6\ (815)$
  - $qu\ 5 = 1813.28\ \text{kg/m}^2$
- **Beban Pada Pelat Lantai Atap**
  - a. **Beban Mati**
    - Beban sendiri pelat ( $0.12\text{cm} \times 2400\ \text{kg/m}^3$ ) =  $288\ \text{kg/m}^2$
    - Berat aspal tebal 2 cm =  $28\ \text{kg/m}^2$
    - Plafond kalsi 4.5 (brosur) =  $6.4\ \text{kg/m}^2$
    - Penggantung =  $8\ \text{kg/m}^2$
    - Plumbing =  $25\ \text{kg/m}^2$
    - Instalasi listrik, AC, dll =  $40\ \text{kg/m}^2$
    - $Q_d\ \text{atap} = 395.3\ \text{kg/m}^2$
  - b. **Beban Hidup Atap sesuai SNI 1727:2013 tabel 4-1**
    - Pelat atap =  $96\ \text{kg/m}^2$
  - c. **Beban Hujan pada lantai atap SNI 1727:2012 pasal 8**
    - $R = 0.0098\ (ds + dh)$
    - $ds = 20\ \text{mm}$
    - $dh = 5\ \text{mm}$

}

asumsi perencanaan



$$R = 0.0098 \times (20 + 5)$$

$$R = 0.245 \text{ Kn/m}^2$$

$$R = 24.5 \text{ kg/m}^2$$

**d. Beban Ultimate rencana SNI 2847-2013 pasal 9.2.1**

$$q_u = 1.2D + 1.6L$$

$$q_u = 1.2(395.3) + 1.6(96)$$

$$q_u = 627.96 \text{ kg/m}^2$$

### 4.3.2 Pembebanan Tangga

- **Beban Hidup Beban Pelat Tangga Lantai 1-6**

**Beban Mati :**

Berat sendiri pelat (0.15cm x 2400 kg/m<sup>3</sup>) = 360 kg/m<sup>2</sup>

Berat anak tangga (0.18 x 2400 kg/m<sup>2</sup>) = 432 kg/m<sup>2</sup>

Berat spesi 2 cm = 42 kg/m<sup>2</sup>

Berat keramik ukuran 30 x 30 (brosur) = 15 kg/m<sup>2</sup>

Berat pegangan = 10 kg/m<sup>2</sup>

qD Tangga = 859 kg/m<sup>2</sup>

- **Tangga sesuai SNI 1727:2013 tabel 4-1**

Beban hidup tangga = 479 kg/m<sup>2</sup>

- **Beban Pelat Bordes Lantai 1-5**

**Beban Mati :**

Berat sendiri pelat (0.15cm x 2400 kg/m<sup>3</sup>) = 360 kg/m<sup>2</sup>

Berat spesi 2 cm = 42 kg/m<sup>2</sup>

Berat keramik ukuran 30 x 30 (brosur) = 15 kg/m<sup>2</sup>

Berat pegangan = 10 kg/m<sup>2</sup>

qD Tangga = 427 kg/m<sup>2</sup>

- **Beban Hidup Pelat Bordes sesuai SNI 1727:2013 tabel 4-1**

Beban hidup bordes = 479 kg/m<sup>2</sup>

- **Beban Ultimate rencana SNI 2847-2013 pasal 9.2.1**

**Beban Ultimate Tangga :**

qu = 1.2D + 1.6L

qu = 1.2(859) + 1.6 (479)

qu = 1797.2 kg/m<sup>2</sup>

**Beban Ultimate Bordes :**

qu = 1.2D + 1.6L

qu = 1.2(427) + 1.6 (479)

qu = 1278.8 kg/m<sup>2</sup>

### 4.3.3 Pembebanan Dinding

**Komponen Dinding :**

Citicon tebal 10 cm(brosur) = 60 kg/m<sup>2</sup>

THinbed 101 (brosur) = 8 kg/m<sup>2</sup>

$$\begin{array}{rcl} \text{Acian Skimcoat (brosur)} & & = 2.5 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Total beban dinding} & & = 70.5 \text{ kg/m}^2 \end{array}$$

**Perhitungan :**

- **Beban Merata Lantai 1 :**  
 $H1 \times \text{Total beban dinding} (6.8\text{m} \times 70.5\text{kg/m}^2) = 479 \text{ kg/m}$
- **Beban Merata Lantai 2 :**  
 $H1 \times \text{Total beban dinding} (4.8\text{m} \times 70.5\text{kg/m}^2) = 338.4 \text{ kg/m}$
- **Beban Merata Lantai 3 :**  
 $H1 \times \text{Total beban dinding} (4.8\text{m} \times 70.5\text{kg/m}^2) = 338.4\text{kg/m}$
- **Beban Merata Lantai 4 :**  
 $H1 \times \text{Total beban dinding} (4.8\text{m} \times 70.5\text{kg/m}^2) = 338.4 \text{ kg/m}$
- **Beban Merata Lantai 5 :**  
 $H1 \times \text{Total beban dinding} (4.8\text{m} \times 70.5\text{kg/m}^2) = 338.4 \text{ kg/m}$
- **Beban Merata Lantai 6 :**  
 $H1 \times \text{Total beban dinding} (4.8\text{m} \times 70.5\text{kg/m}^2) = 338.4 \text{ kg/m}$

#### 4.3.4 Pembebanan Angin

Dalam perhitungan beban angin menggunakan SNI 1727:2013 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. Dalam peraturan tersebut beban angin di desain untuk bangunan gedung dan struktur lain, termasuk Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) dan seluruh komponen dan klading gedung, harus dirancang dan dilaksanakan untuk menahan. Beban angina seperti yang ditetapkan menurut Pasal 26 sampai Pasal 31. Ketentuan dalam pasal ini mendefinisikan parameter angin dasar untuk digunakan dengan ketentuan lainnya yang terdapat dalam standar ini.

Adapun perhitungan beban angin pada gedung perkuliahan 6 lantai :

**a. Data Perencanaan :**

Fungsi bangunan : Perkuliahan  
Tinggi bangunan : 33.35 m  
Panjang bangunan : 35.5 m  
Lebar bangunan : 12.45 m  
Tinggi lantai : h1 : 6.8 m  
h2-h5 : 4.8 m

### **b. Kategori Resiko Bangunan**

Gedung perkuliahan 6 lantai ini termasuk kategori resiko bangunan 4, sehingga kecepatan angin = 1 sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 1.5-1

### c. Kecepatan Angin Dasar

Kecepatan angin dasar didapat dari tabel di situs BMKG Jawa Timur,. Diakses pada tanggal 22 februari 2017 (<http://meteo.bmkg.go.id/prakiraan/propinsi/16>)

Kecepatan angin sumenep ( $v$ ) = 30 km/jam = 8.33 m/s ;  
arah angin : Timur

Bangkalan				25 – 33		30	65 – 95
Sampang				24 – 32		30	65 – 95
Pamekasan				24 – 32		30	65 – 95
Sumenep				24 – 32		30	70 – 95
Batu				18 – 28		30	80 – 100

**Gambar 4.33 Prakiran cuaca provinsi jawa timur  
(sumber : meteo.bmkg.go.id)**

#### d. Parameter Beban Angin

- **Faktor arah angin SNI 1727-2013 Pasal 26.6 dan Tabel 26.6-1**  
Kd = 0.85
- **Kategori Exposur SNI 1727-2013 Pasal 26.7**  
Exposur = B
- **Faktor topografi SNI 1727-2013 Pasal 26.8 dan Gambar 26.8-1**

$$K_{zt} = 1$$

- **Faktor efek tiupan angin SNI 1727-2013 Pasal 26.9**

$$G = 0.85$$

- **Kategori Ketertutupan SNI 1727-2013 Pasal 26.10**

Bangunan Tertutup

- **Kategori tekanan internal SNI 1727-2013 Pasal 26.11 dan tabel 26.11-1**

Klasifikasi Ketertutupan	(GC <sub>pi</sub> )
Bangunan gedung terbuka	0,00
Bangunan gedung tertutup sebagian	+ 0,55 - 0,55
Bangunan gedung tertutup	+ 0,18 - 0,18

- **Koefisien Eksposur tekanan viskositas SNI 1727-2013 27.3-1**

$$Z = 33.35 \text{ m (Tinggi Bangunan)}$$

$$Z_g = 365.76 \text{ m sesuai SNI 1727-2013 Pasal 26.9.1}$$

$$\alpha = 7 \text{ sesuai SNI 1727-2013 Pasal 26.9.1}$$

**Tabel 4.3 Koefisien Eksposur Tekanan Viskositas**

Tinggi di atas level tanah, z		Eksposur		
ft	(m)	B	C	D
0-15	(0-4.6)	0.57	0.85	1.03
20	(6.1)	0.62	0.90	1.08
25	(7.6)	0.66	0.94	1.12
30	(9.1)	0.70	0.98	1.16
40	(12.2)	0.76	1.04	1.22
50	(15.2)	0.81	1.09	1.27
60	(18)	0.85	1.13	1.31
70	(21.3)	0.89	1.17	1.34
80	(24.4)	0.93	1.21	1.38
90	(27.4)	0.96	1.24	1.40
100	(30.5)	0.99	1.26	1.43
120	(36.6)	1.04	1.31	1.48
140	(42.7)	1.09	1.36	1.52
160	(48.8)	1.13	1.39	1.55
180	(54.9)	1.17	1.43	1.58
200	(61.0)	1.20	1.46	1.61
250	(76.2)	1.28	1.53	1.68
300	(91.4)	1.35	1.60	1.73
350	(106.7)	1.41	1.64	1.78
400	(121.9)	1.47	1.69	1.82
450	(137.2)	1.52	1.73	1.86
500	(152.4)	1.56	1.77	1.89

Tinggi (z)	Eksposur
30.5	0.99
33.35	X

36.6	1.04
------	------

Interpolasi nilai Z:

$$\frac{x - x1}{x2 - x1} = \frac{y - y1}{y2 - y1}$$
$$\frac{33.35 - 30.5}{36.6 - 30.5} = \frac{y - 0.99}{1.04 - 0.99}$$

$y\ (Kh) = 1.013$

$Kz = 2,01(Z/Z_g)^{2/\alpha}$

$Kz = 2,01(33/365.76)^{2/7}$

$Kz = 1.013$

Maka  $Kz = Kh = 1.01$  (Karena Atap Datar)

- **Tekanan Velositas sesuai SNI 1727:2013**

$qz = 0,613 K_z K_{zt} K_d V^2$

$qz = 0,613 \times 1.013 \times 1 \times 0.85 \times 8.33^2$

$qz = 36.67\ N/m^2$

$qz = 3.67\ kg/m^2$

$qh = 0,613 K_z K_{zt} K_d V^2$

$qh = 0,613 \times 1.013 \times 1 \times 0.85 \times 8.33^2$

$qh = 36.67\ N/m^2$

$qh = 3.67\ kg/m^2$

- **Koefisien Tekanan Eksternal SNI 1727-2013 Gambar 27.4-1**

$L = 35.50\ m$

$B = 12.45\ m$

Koefisien Tekanan Dinding ( $C_p$ )

**Tabel 4.4 Koefisien Tekanan Dinding**

Permukaan	Koefisien tekanan dinding, $C_p$		Digunakan dengan
	$L/B$	$C_p$	
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0.8	$q_z$
	0 – 1	- 0.5	
Dinding di sisi angin pergi	2	- 0.3	$q_n$
	$\geq 4$	- 0.2	
Dinding tepi	Seluruh nilai	- 0.7	$q_n$

Permukaan	Cp	Digunakan Dengan	P
Dinding di sisi angin datang	0.8	qz	2.49 kg/m <sup>2</sup>
Dinding di sisi angin pergi	-0.5	qh	-1.56 kg/m <sup>2</sup>
Dinding Tepi	-0.7	qh	-0.6 kg/m <sup>2</sup>

- **Bangunan gedung kaku tertutup dan tertutup sebagian, Tekanan Angin (P) sesuai SNI 1727:2013 gambar 27.4-1**

- Dinding di sisi angin datang  

$$p = q \cdot G \cdot C_{pi} - q_i \cdot (G C_{pi})$$

$$p = 36.67 \times 0.85 \times 0.8 - 0 \cdot (+0.18)$$

$$p = 24.9 \text{ N/m}^2 = 2,49 \text{ kg/m}^2$$
- Dinding di sisi angin pergi  

$$p = q \cdot G \cdot C_{pi} - q_i \cdot (G C_{pi})$$

$$p = 36.67 \times 0.85 \times (-0.5) - 0 \cdot (0.18)$$

$$p = -15.6 \text{ N/m}^2 = -1.56 \text{ kg/m}^2$$
- Dinding tepi  

$$p = q \cdot G \cdot C_{pi} - q_i \cdot (G C_{pi})$$

$$p = 36.67 \times 0.85 \times (-0.7) - 0 \cdot (+0.18)$$

$$p = -6.0 \text{ N/m}^2 = -0.6 \text{ kg/m}^2$$

#### 4.3.5 Pembebanan Gempa

Berdasarkan SNI 1726:2012 perhitungan pembebanan gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati selama umur gempa 10% dalam 50 tahun (periode ulang 500 tahun). Suatu bangunan gedung dibedakan menjadi dua kategori antara lain :

Bangunan gedung beraturan dan tidak beraturan. Pada penentuan kategori suatu bangunan gedung dapat dikategorikan sebagai bangunan gedung beraturan atau tidak beraturan haruslah memenuhi beberapa persyaratan yang tercantum pada tabel 10 untuk jenis ketidak beraturan horizontal dan tabel 11 untuk jenis ketidak beraturan vertikal.

Bangunan gedung Perkuliahan ini dalam kategori bangunan gedung beraturan, hal ini dikarenakan memenuhi persyaratan yang diatur pada tabel 10 untuk dikatakan tidak masuk kategori ketidak beraturan horizontal dikarenakan luas tonjolan pada bangunan tersebut kurang dari 15 persen dimensi denah struktur dalam arah yang menentukan. Dan juga memenuhi persyaratan tabel 11 dikatakan tidak masuk kategori ketidak beraturan vertikal dikarenakan tinggi tiap lantai beraturan.

### **Perhitungan Statik Ekvivalen :**

Berdasarkan penjelasan diatas bahwa bangunan gedung perkuliahan ini termasuk dalam kategori bangunan beraturan. Sehingga pada perhitungan pembebanan gempa menggunakan analisis perhitungan statik ekuivalen.

Beban- Beban :

Beban Gempa yang terjadi tiap lantai :

1.  $W_0$

Setengah beban pada lantai dasar (kolom pendek)

2.  $W_1$

Setengah beban pada lantai dasar (kolom pendek) dan setengah beban pada lantai 1

3.  $W_2$

Setengah beban pada lantai 1 dan setengah beban pada lantai ke 2



## 4. W3

Setengah beban pada lantai 2 dan setengah beban pada lantai 3

## 5. W4

Setengah beban pada lantai 3 dan setengah beban pada lantai 4

## 6. W5

Setengah beban pada lantai 4 dan setengah beban pada lantai 5

## 7. W6

Setengah beban pada lantai 5 dan setengah beban pada lantai 6

## 8. W7

Setengah beban pada lantai 6 dan setengah beban pada lantai 7

## 9. W8

Setengah beban pada lantai 7

- **Ketinggian Bangunan (H)**

$H_0 = 0 \text{ m}$

$H_1 = 1 \text{ m}$

$H_2 = 7.8 \text{ m}$

$H_3 = 12.6 \text{ m}$

$H_4 = 17.4 \text{ m}$

$H_5 = 22.2 \text{ m}$

$H_6 = 27 \text{ m}$

$H_7 = 31.8 \text{ m}$

$H_8 = 34.35 \text{ m}$

- **Berat Bangunan**

**Tabel 4.5 Berat Beban Bangunan**

W	Jenis Beban	Berat (kg)	Total (kg)
0	Mati	8256	8256
	Hidup	0	
1	Mati	339324	346667
	Hidup	7343.07	

2	Mati	510940.034	584246
	Hidup	73305.675	
3	Mati	496066	566811
	Hidup	70745.405	
4	Mati	496066	572966
	Hidup	76900.215	
5	Mati	496066	569741
	Hidup	73674.795	
6	Mati	496066	561561
	Hidup	65495.085	
7	Mati	346983.9	369487
	Hidup	22503.3	
8	Mati	85490.425	88762
	Hidup	3271.68	
Beban Total Lantai			3676753.33

### **Perhitungan Gaya Gempa Terjadi Periode 2500Tahun**

W total : 3676753.33 kg

H (ketinggian bangunan) : 34.35 m

Sesuai ***SNI 1726:2012 tabel 1 dan 2*** fungsi bangunan sebagai gedung sekolah dan fasilitas pendidikan, maka termasuk dalam kategori resiko IV :

Faktor Keutamaan (I) :

$I_e = 1.50$

Sesuai ***SNI 1726:2012 tabel 9*** menggunakan Sistem Rangka beton bertulang pemikul momen menengah

$R = 5$

Berdasarkan perhitungan sistem rangka pemikul momen menengah, lokasi bangunan di Sumenep. Tanah tergolong tanah sedang.

Data- data yang meninjau :

$S_s = 0.2$   $S_{ms} = 0.320$

$S_1 = 0.05$   $S_{m1} = 0.120$

$F_a = 1.6$   $S_{ds} = 0.213$

$F_v = 2.4$   $S_{d1} = 0.080$

SNI 03- 1726 – 2012 Tabel 14

$$C_u = 1.57$$

Mencari Nilai T (Waktu gempa alami fundamental)

Nilai  $C_t$  untuk rangka beton pemikul momen = 0.0466  
(Tabel 15 SNI 1726-2012)

$$\begin{aligned} T_a = T &= C_t \times H_n^x \\ &= 0.0466 \times 34.35^{0.9} \\ &= 1.124 \end{aligned}$$

### Koefisien Respon Seismik :

Syarat :

$$C_s = S_d / (R/I_e) = 0.064$$

$$\begin{aligned} C_s \text{ hitungan} &= \text{nilai } C_s \text{ tidak boleh} > S_d / T (R/I_e) \\ &= 0.021 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s \text{ min} &= \text{nilai } C_s \text{ tidak boleh} < 0.044 \cdot S_d \cdot I_e \geq \\ &0.01 = 0.014 \end{aligned}$$

Maka, diambil  $C_s = 0.064$

### Spektrum Respons Desain:

$$T \geq T_s \rightarrow S_a = S_d / T = 0.017$$

### V Beban Geser Dasar Seismik:

$$\begin{aligned} V &= C_s \times W_t = \frac{S_a \cdot I_e}{R} \cdot W_t \\ &= \frac{0.064 \times 1.5}{5} \cdot 3676753.33 \text{ kg} \\ &= 78515.6 \text{ kg} \end{aligned}$$

### Gaya Seismik Lateral:

untuk nilai  $T < 0,5 \text{ s}$  ; maka nilai  $k = 1$

untuk nilai  $T > 2,5 \text{ s}$  ; maka nilai  $k = 2$

untuk nilai  $0,5 \text{ s} < T < 2,5 \text{ s}$  ; maka nilai  $k$  dengan interpolasi

$$\text{Nilai } T = 1.124 \quad ; \text{ Nilai } k = 1.468$$

**Tabel 4.6 Gaya Gempa Perlantai**

Lantai	Wx	hx	Wx.hx <sup>k</sup>	V	Fi
	(kg)	(m)	(kgm)		(kg)
F <sub>0</sub>	16512	0	0.00	78515.6	0.00
F <sub>1</sub>	346666.93	1	346666.93	78515.6	99.464
F <sub>2</sub>	584245.71	7.8	11917644	78515.6	3418.706
F <sub>3</sub>	566811.37	12.6	23376663	78515.6	6705.562
F <sub>4</sub>	572966.18	17.4	37944054	78515.6	10886.677
F <sub>5</sub>	569740.76	22.2	53951359	78515.6	15479.395
F <sub>6</sub>	561561.05	27	70877807	78515.6	20335.829
F <sub>7</sub>	369487.24	31.8	59296269	78515.6	17012.924
F <sub>8</sub>	88762.10	34.35	15952543	78515.6	4577.007
Σ	3676753.33		273655479		78515.6

**Beban Gempa perkolom :**

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 5.4.3 Antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat harus di tinjau suatu eksentrisitas rencana gedung. Apabila ukuran horisontal terbesar denah struktur gedung pada lantai tingkat itu, diukur tegak lurus pada arah pembebanan gempa, dinyatakan dengan b maka eksentrisitas rencana  $e_d$  harus di tentukan sebagai berikut :

**Tabel 4.7 eksentrisitas rencana**

Lantai	Pusat Massa		Pusat Kekakuan		Eksentrisitas	
	x	y	x	y	x	y
Lantai 0	18.27	5.96	6.30	16.18	0.34	2.09
Lantai 1	18.71	6.20	6.30	16.18	0.10	2.53
Lantai 2	16.54	9.42	6.30	16.18	3.11	0.36
Lantai 3	14.72	9.46	6.30	16.18	3.16	1.46
Lantai 4	14.70	9.46	6.30	16.18	3.16	1.48
Lantai 5	14.71	9.47	6.30	16.18	3.16	1.47
Lantai 6	15.20	9.44	6.30	16.18	3.14	0.98

Lantai 7	18.25	6.92	6.30	16.18	0.61	2.07
----------	-------	------	------	-------	------	------

▪ Lantai Dasar

$$\text{Fix} = 0$$

$$\text{Fiy} = 0$$

▪ Lantai 1

$$\begin{aligned} M_x &= \text{Eksentrisitas } x \cdot F_1 \\ &= 0,1 \text{ m} \cdot 99.464 \text{ kg} \\ &= 10.33 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y &= \text{Eksentrisitas } y \cdot F_1 \\ &= 2.53 \text{ m} \cdot 99.464 \text{ kg} \\ &= 251.92 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{ix} &= \frac{F_1}{n \text{ kolom}} + \frac{\text{Eksentrisitas } x \cdot x}{\sum(x^2)} \\ F_{iy} &= \frac{F_1}{n \text{ kolom}} + \frac{\text{Eksentrisitas } y \cdot y}{\sum(y^2)} \end{aligned}$$

**Tabel 4.8 Gaya Gempa Pada kolom lantai 1**

No	Elemen	X	Y	(X) <sup>2</sup>	(Y) <sup>2</sup>	Fix	Fiy
1	Kolom 1	-3.41	17.7	11.6	313.2	4.68	5.95
2	Kolom 2	6.64	17.7	44.1	313.2	4.84	5.95
3	Kolom 3	-3.41	13.4	11.6	179.5	4.68	5.65
4	Kolom 4	6.64	13.4	44.1	179.5	4.84	5.65
5	Kolom 5	-3.41	6.2	11.6	38.42	4.68	5.16
6	Kolom 6	6.64	6.2	44.1	38.42	4.84	5.16
7	Kolom 7	-3.41	-1.0	11.6	1.00	4.68	4.67
8	Kolom 8	6.64	-1.0	44.1	1.00	4.84	4.67
9	Kolom 9	-3.41	-8.2	11.6	67.26	4.68	4.18
10	Kolom 10	6.64	-8.2	44.1	67.26	4.84	4.18
11	Kolom 11	-1.61	-13	2.59	169.03	4.71	3.85
12	Kolom 12	6.64	-13	44.1	169.03	4.84	3.85
13	Kolom 13	-1.61	-17.8	2.59	316.89	4.71	3.52
14	Kolom 14	6.64	-17.8	44.1	316.89	4.84	3.52
15	Kolom 15	-5.81	17.7	33.8	313.24	4.64	5.95

16	Kolom 16	-5.81	13.4	33.8	179.53	4.64	5.65
17	Kolom 17	-5.81	6.2	33.8	38.424	4.64	5.16
18	Kolom 18	-5.81	-1.0	33.8	1.003	4.64	4.67
19	Kolom 19	-5.81	-8.2	33.8	67.261	4.64	4.18
20	Kolom 20	-5.81	-13	33.8	169.03	4.64	3.85
21	Kolom 21	4.79	-17.8	33.8	316.89	4.64	3.52
22	Kolom 22	3.39	14.6	22.9	213.12	4.81	5.74
23	Kolom 23	-6.29	21.1	11.5	213.12	4.79	5.74

▪ **Lantai 2**

$$\begin{aligned} M_x &= \text{Eksentrisitas } x \cdot F_2 \\ &= 3.11 \text{ m} \cdot 3418.706 \text{ kg} \\ &= 10644.30 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y &= \text{Eksentrisitas } y \cdot F_2 \\ &= 0.36 \text{ m} \cdot 3418.706 \text{ kg} \\ &= 1242.23 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{ix} &= \frac{F_l}{n \text{ koloma}} + \frac{\text{Eksentrisitas } x \cdot x}{\sum(x^2)} \\ F_{iy} &= \frac{F_l}{n \text{ kolom}} + \frac{\text{Eksentrisitas } y \cdot y}{\sum(y^2)} \end{aligned}$$

**Tabel 4.9 Gaya Gempa Pada kolom lantai 2**

No	Elemen	X	Y	(X) <sup>2</sup>	(Y) <sup>2</sup>	Fix	Fiy
1	Kolom 1	-3.41	17.7	11.6	313.2	106.3	168.8
2	Kolom 2	6.64	17.7	44.1	313.2	272.8	168.8
3	Kolom 3	-3.41	13.4	11.6	179.5	106.3	167.3
4	Kolom 4	6.64	13.4	44.1	179.5	272.8	167.3
5	Kolom 5	-3.41	6.2	11.6	38.42	106.3	164.9
6	Kolom 6	6.64	6.2	44.1	38.42	272.8	164.9
7	Kolom 7	-3.41	-1.0	11.6	1.00	106.3	162.5
8	Kolom 8	6.64	-1.0	44.1	1.00	272.8	162.5
9	Kolom 9	-3.41	-8.2	11.6	67.26	106.3	160.0
10	Kolom 10	6.64	-8.2	44.1	67.26	272.8	160.0
11	Kolom 11	-1.61	-13	2.59	169.03	136.1	158.4

12	Kolom 12	6.64	-13	44.1	169.03	272.8	158.4
13	Kolom 13	-1.61	-17.8	2.59	316.89	136.1	156.8
14	Kolom 14	6.64	-17.8	44.1	316.89	272.8	156.8
15	Kolom 15	-5.81	17.7	33.8	313.24	66.6	168.8
16	Kolom 16	-5.81	13.4	33.8	179.53	66.6	167.3
17	Kolom 17	-5.81	6.2	33.8	38.424	66.6	164.9
18	Kolom 18	-5.81	-1.0	33.8	1.003	66.6	162.5
19	Kolom 19	-5.81	-8.2	33.8	67.261	66.6	160.0
20	Kolom 20	-5.81	-13	33.8	169.03	66.6	158.4
21	Kolom 21	4.79	-17.8	33.8	316.89	66.6	156.8
22	Kolom 22	3.39	14.6	22.9	213.12	242.1	167.7
23	Kolom 23	-6.29	21.1	11.5	213.12	218.9	167.7

▪ **Lantai 3**

$$\begin{aligned}
 M_x &= \text{Eksentrisitas } x \cdot F_3 \\
 &= 3.16 \text{ m} \cdot 6705.562 \text{ kg} \\
 &= 21187.7 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_y &= \text{Eksentrisitas } y \cdot F_3 \\
 &= 1.46 \text{ m} \cdot 6705.562 \text{ kg} \\
 &= 9813.77 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$F_{ix} = \frac{F_l}{n \text{ kolom}} + \frac{\text{Eksentrisitas } x \cdot x}{\sum(x^2)}$$

$$F_{iy} = \frac{F_l}{n \text{ kolom}} + \frac{\text{Eksentrisitas } y \cdot y}{\sum(y^2)}$$

**Tabel 4.10 Gaya Gempa Pada kolom lantai 3**

No	Elemen	X	Y	(X) <sup>2</sup>	(Y) <sup>2</sup>	Fix	Fiy
1	Kolom 1	-3.41	17.7	11.6	313.2	206.9	756
2	Kolom 2	6.64	17.7	44.1	313.2	538.2	1216
3	Kolom 3	-3.41	13.4	11.6	179.5	206.9	1081
4	Kolom 4	6.64	13.4	44.1	179.5	538.2	1081
5	Kolom 5	-3.41	6.2	11.6	38.42	206.9	854
6	Kolom 6	6.64	6.2	44.1	38.42	538.2	854

7	Kolom 7	-3.41	-1.0	11.6	1.00	206.9	627
8	Kolom 8	6.64	-1.0	44.1	1.00	538.2	627
9	Kolom 9	-3.41	-8.2	11.6	67.26	206.9	400
10	Kolom 10	6.64	-8.2	44.1	67.26	538.2	400
11	Kolom 11	-1.61	-13	2.59	169.03	266.2	249
12	Kolom 12	6.64	-13	44.1	169.03	538.2	249
13	Kolom 13	-1.61	-17.8	2.59	316.89	266.2	98
14	Kolom 14	6.64	-17.8	44.1	316.89	538.2	98
15	Kolom 15	-5.81	17.7	33.8	313.24	127.8	1216
16	Kolom 16	-5.81	13.4	33.8	179.53	127.8	1081
17	Kolom 17	-5.81	6.2	33.8	38.424	127.8	854
18	Kolom 18	-5.81	-1.0	33.8	1.003	127.8	627
19	Kolom 19	-5.81	-8.2	33.8	67.261	127.8	400
20	Kolom 20	-5.81	-13	33.8	169.03	127.8	249
21	Kolom 21	4.79	-17.8	33.8	316.89	127.8	98
22	Kolom 22	3.39	14.6	22.9	213.12	242.1	346
23	Kolom 23	-6.29	21.1	11.5	213.12	218.9	346

▪ **Lantai 4**

$$\begin{aligned}
 M_x &= \text{Eksentrisitas } x \cdot F_4 \\
 &= 3.16 \text{ m} \cdot 10886.677 \text{ kg} \\
 &= 34398.9 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_y &= \text{Eksentrisitas } y \cdot F_4 \\
 &= 1.48 \text{ m} \cdot 10886.677 \text{ kg} \\
 &= 16091.39 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{ix} &= \frac{F_1}{n \text{ koloma}} + \frac{\text{Eksentrisitas } x \cdot x}{\sum(x^2)} \\
 F_{iy} &= \frac{F_1}{n \text{ kolom}} + \frac{\text{Eksentrisitas } y \cdot y}{\sum(y^2)}
 \end{aligned}$$



**Tabel 4.11 Gaya Gempa Pada kolom lantai 4**

No	Elemen	X	Y	(X) <sup>2</sup>	(Y) <sup>2</sup>	Fix	Fiy
1	Kolom 1	-3.41	17.7	11.6	313.2	335.9	596
2	Kolom 2	6.64	17.7	44.1	313.2	873.8	596
3	Kolom 3	-3.41	13.4	11.6	179.5	335.9	577
4	Kolom 4	6.64	13.4	44.1	179.5	873.8	577
5	Kolom 5	-3.41	6.2	11.6	38.42	335.9	546
6	Kolom 6	6.64	6.2	44.1	38.42	873.8	546
7	Kolom 7	-3.41	-1.0	11.6	1.00	335.9	514
8	Kolom 8	6.64	-1.0	44.1	1.00	873.8	514
9	Kolom 9	-3.41	-8.2	11.6	67.26	335.9	483
10	Kolom 10	6.64	-8.2	44.1	67.26	873.8	483
11	Kolom 11	-1.61	-13	2.59	169.03	432.2	462
12	Kolom 12	6.64	-13	44.1	169.03	873.8	462
13	Kolom 13	-1.61	-17.8	2.59	316.89	432.2	441
14	Kolom 14	6.64	-17.8	44.1	316.89	873.8	441
15	Kolom 15	-5.81	17.7	33.8	313.24	207.4	596
16	Kolom 16	-5.81	13.4	33.8	179.53	207.4	577
17	Kolom 17	-5.81	6.2	33.8	38.424	207.4	546
18	Kolom 18	-5.81	-1.0	33.8	1.003	207.4	514
19	Kolom 19	-5.81	-8.2	33.8	67.261	207.4	483
20	Kolom 20	-5.81	-13	33.8	169.03	207.4	462
21	Kolom 21	4.79	-17.8	33.8	316.89	207.4	441
22	Kolom 22	3.39	14.6	22.9	213.12	242.1	168
23	Kolom 23	-6.29	21.1	11.5	213.12	218.9	168

▪ **Lantai 5**

$$\begin{aligned}
 M_x &= \text{Eksentrisitas } x \cdot F_5 \\
 &= 3.16 \text{ m} \cdot 15479.395 \text{ kg} \\
 &= 48942 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_y &= \text{Eksentrisitas } y \cdot F_5 \\
 &= 1.47 \text{ m} \cdot 15479.395 \text{ kg} \\
 &= 22806.52 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$F_{ix} = \frac{F_i}{n \text{ kolom}} + \frac{\text{Eksentrisitas } x \cdot x}{\sum(x^2)}$$
$$F_{iy} = \frac{F_i}{n \text{ kolom}} + \frac{\text{Eksentrisitas } y \cdot y}{\sum(y^2)}$$

**Tabel 4.12 Gaya Gempa Pada kolom lantai 5**

No	Elemen	x'	y'	x'^2	y'^2	Fx	Fy
1	Kolom 1	-3.41	17.70	11.63	313.24	477.4	846.7
2	Kolom 2	6.64	17.70	44.08	313.24	1242.7	846.7
3	Kolom 3	-3.41	13.40	11.63	179.53	477.4	820.1
4	Kolom 4	6.64	13.40	44.08	179.53	1242.7	820.1
5	Kolom 5	-3.41	6.20	11.63	38.42	477.4	775.5
6	Kolom 6	6.64	6.20	44.08	38.42	1242.7	775.5
7	Kolom 7	-3.41	-1.00	11.63	1.00	477.4	730.9
8	Kolom 8	6.64	-1.00	44.08	1.00	1242.7	730.9
9	Kolom 9	-3.41	-8.20	11.63	67.26	477.4	686.3
10	Kolom 10	6.64	-8.20	44.08	67.26	1242.7	686.3
11	Kolom 11	-1.61	-13.00	2.59	169.03	614.5	656.6
12	Kolom 12	6.64	-13.00	44.08	169.03	1242.7	656.6
13	Kolom 13	-1.61	-17.80	2.59	316.89	614.5	626.9
14	Kolom 14	6.64	-17.80	44.08	316.89	1242.7	626.9
15	Kolom 15	-5.81	17.70	33.76	313.24	294.6	846.7
16	Kolom 16	-5.81	13.40	33.76	179.53	294.6	820.1
17	Kolom 17	-5.81	6.20	33.76	38.42	294.6	775.5
18	Kolom 18	-5.81	-1.00	33.76	1.00	294.6	730.9
19	Kolom 19	-5.81	-8.20	33.76	67.26	294.6	686.3
20	Kolom 20	-5.81	-13.00	33.76	169.03	294.6	656.6
21	Kolom 21	-5.81	-17.80	33.76	316.89	294.6	626.9
22	Kolom 22	4.79	14.60	22.94	213.12	242.1	167.7
23	Kolom 23	3.39	14.60	11.49	213.12	218.9	167.7

▪ **Lantai 6**

$$\begin{aligned} M_x &= \text{Eksentrisitas } x \cdot F_6 \\ &= 3.14 \text{ m} \cdot 20335.829 \text{ kg} \\ &= 63755.7 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y &= \text{Eksentrisitas } y \cdot F_6 \\ &= 0.98 \text{ m} \cdot 20335.829 \text{ kg} \\ &= 19832.54 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$F_{ix} = \frac{F_i}{n \text{ kolom}} + \frac{\text{Eksentrisitas } x \cdot x}{\sum(x^2)}$$

$$F_{iy} = \frac{F_i}{n \text{ kolom}} + \frac{\text{Eksentrisitas } y \cdot y}{\sum(y^2)}$$

**Tabel 4.13 Gaya Gempa Pada kolom lantai 6**

No	Elemen	x'	y'	x'^2	y'^2	Fx	Fy
1	Kolom 1	-3.41	17.70	11.63	313.24	610.9	1076.2
2	Kolom 2	6.64	17.70	44.08	313.24	1664.3	1076.2
3	Kolom 3	-3.41	13.40	11.63	179.53	610.9	1050.0
4	Kolom 4	6.64	13.40	44.08	179.53	1664.3	1050.0
5	Kolom 5	-3.41	6.20	11.63	38.42	610.9	1006.1
6	Kolom 6	6.64	6.20	44.08	38.42	1664.3	1006.1
7	Kolom 7	-3.41	-1.00	11.63	1.00	610.9	962.3
8	Kolom 8	6.64	-1.00	44.08	1.00	1664.3	962.3
9	Kolom 9	-3.41	-8.20	11.63	67.26	610.9	918.4
10	Kolom 10	6.64	-8.20	44.08	67.26	1664.3	918.4
11	Kolom 11	-1.61	-13.00	2.59	169.03	799.6	889.2
12	Kolom 12	6.64	-13.00	44.08	169.03	1664.3	889.2
13	Kolom 13	-1.61	-17.80	2.59	316.89	799.6	859.9
14	Kolom 14	6.64	-17.80	44.08	316.89	1664.3	859.9
15	Kolom 15	-5.81	17.70	33.76	313.24	359.3	1076.2
16	Kolom 16	-5.81	13.40	33.76	179.53	359.3	1050.0
17	Kolom 17	-5.81	6.20	33.76	38.42	359.3	1006.1
18	Kolom 18	-5.81	-1.00	33.76	1.00	359.3	962.3
19	Kolom 19	-5.81	-8.20	33.76	67.26	359.3	918.4

20	Kolom 20	-5.81	-13.00	33.76	169.03	359.3	889.2
21	Kolom 21	-5.81	-17.80	33.76	316.89	359.3	859.9

▪ **Lantai 7**

$$\begin{aligned} M_x &= \text{Eksentrisitas } x \cdot F_7 \\ &= 3.14 \text{ m} \cdot 17012.924 \text{ kg} \\ &= 53338 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y &= \text{Eksentrisitas } y \cdot F_7 \\ &= 0.98 \text{ m} \cdot 17012.924 \text{ kg} \\ &= 16591.87 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$F_{ix} = \frac{F_l}{n \text{ kolom}} + \frac{\text{Eksentrisitas } x \cdot x}{\sum(x^2)}$$

$$F_{iy} = \frac{F_l}{n \text{ kolom}} + \frac{\text{Eksentrisitas } y \cdot y}{\sum(y^2)}$$

**Tabel 4.14 Gaya Gempa Pada kolom lantai 7**

No	Elemen	x'	y'	x'^2	y'^2	Fx	Fy
1	Kolom 1	-3.41	17.70	11.63	313.24	511.1	900.3
2	Kolom 2	6.64	17.70	44.08	313.24	1392.3	900.3
3	Kolom 3	-3.41	13.40	11.63	179.53	511.1	878.4
4	Kolom 4	6.64	13.40	44.08	179.53	1392.3	878.4
5	Kolom 5	-3.41	6.20	11.63	38.42	511.1	841.7
6	Kolom 6	6.64	6.20	44.08	38.42	1392.3	841.7
7	Kolom 7	-3.41	-1.00	11.63	1.00	511.1	805.0
8	Kolom 8	6.64	-1.00	44.08	1.00	1392.3	805.0
9	Kolom 9	-3.41	-8.20	11.63	67.26	511.1	768.3
10	Kolom 10	6.64	-8.20	44.08	67.26	1392.3	768.3
11	Kolom 11	-1.61	-13.00	2.59	169.03	668.9	743.9
12	Kolom 12	6.64	-13.00	44.08	169.03	1392.3	743.9
13	Kolom 13	-1.61	-17.80	2.59	316.89	668.9	719.4
14	Kolom 14	6.64	-17.80	44.08	316.89	1392.3	719.4
15	Kolom 15	-5.81	17.70	33.76	313.24	300.6	900.3

16	Kolom 16	-5.81	13.40	33.76	179.53	300.6	878.4
17	Kolom 17	-5.81	6.20	33.76	38.42	300.6	841.7
18	Kolom 18	-5.81	-1.00	33.76	1.00	300.6	805.0
19	Kolom 19	-5.81	-8.20	33.76	67.26	300.6	768.3
20	Kolom 20	-5.81	-13.00	33.76	169.03	300.6	743.9
21	Kolom 21	-5.81	-17.80	33.76	316.89	300.6	719.4

▪ **Lantai Atap**

$$\begin{aligned}
 M_x &= \text{Eksentrisitas } x \cdot F_8 \\
 &= 0.61 \text{ m} \cdot 4577.007 \text{ kg} \\
 &= 2804.98 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_y &= \text{Eksentrisitas } y \cdot F_8 \\
 &= 2.07 \text{ m} \cdot 4577.007 \text{ kg} \\
 &= 9457.30 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$F_{ix} = \frac{F_i}{n \text{ kolom}} + \frac{\text{Eksentrisitas } x \cdot x}{\sum(x^2)}$$

$$F_{iy} = \frac{F_i}{n \text{ kolom}} + \frac{\text{Eksentrisitas } y \cdot y}{\sum(y^2)}$$

**Tabel 4.15 Gaya Gempa Pada kolom lantai atap**

No	Elemen	x'	y'	x'^2	y'^2	Fx	Fy
1	Kolom 1	-2.97	4.80	8.80	23.04	355.8	836.9
2	Kolom 2	-0.09	4.80	0.01	23.04	503.8	836.9
3	Kolom 3	3.06	4.80	9.35	23.04	666.0	836.9
4	Kolom 4	-2.97	0.00	8.80	0.00	355.8	508.6
5	Kolom 5	-0.09	0.00	0.01	0.00	503.8	508.6
6	Kolom 6	3.06	0.00	9.35	0.00	666.0	508.6
7	Kolom 7	-2.97	-4.80	8.80	23.04	355.8	180.2
8	Kolom 8	-0.09	-4.80	0.01	23.04	503.8	180.2
9	Kolom 9	3.06	-4.80	9.35	23.04	666.0	180.2

Lebih detailnya dapat dilihat pada lampiran 4.4. Perhitungan Struktur

#### 4.4.1 Perhitungan Struktur Sekunder

##### 4.4.1.1 Perhitungan Pelat

###### ➤ Penulangan Pelat Atap (Arah X)

###### ➤ Beban Mati plat atap yang ditinjau

Beban sendiri pelat ( $0.12\text{cm} \times 2400 \text{ kg/m}^3$ ) =  $288 \text{ kg/m}^2$

Berat aspal tebal 2 cm =  $28 \text{ kg/m}^2$

Plafond kalsi 4.5 (brosur) =  $6.4 \text{ kg/m}^2$

Penggantung =  $6 \text{ kg/m}^2$

Instalasi listrik, AC, dll =  $19 \text{ kg/m}^2$

$Q_d \text{ atap} = 299.4 \text{ kg/m}^2$

###### ➤ Beban Hidup Pelat atap yang ditinjau

Beban hidup =  $96 \text{ kg/m}^2$

###### ➤ Beban Ultimate rencana SNI 2847-2013 pasal 9.2.1

$q_u = 1.2D + 1.6L$

$q_u = 1.2(299.4) + 1.6 (96)$

$q_u = 512.88 \text{ kg/m}^2$

###### ➤ Data perencanaan:

Tipe = PA1

$L_2 = 2.1 \text{ m}$

$L_1 = 4.3 \text{ m}$

$L_n = 3.85 \text{ m}$

$f'_c = 25 \text{ MPa}$

$f_y = 390 \text{ MPa}$

$\beta_1 = 0.85$  (SNI 2847:2013 Pasal 10.2.7.3)

$b = 1000 \text{ mm} = 1 \text{ m}$

$h = 100 \text{ mm} = 0.10 \text{ m}$

$\rho_{\text{susut}} = 0.0018$  (SNI 2847:2013 Pasal

7.12.2.1)

decking =  $20 \text{ mm} = 0.02 \text{ m}$

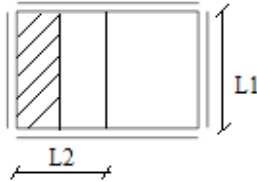
$\emptyset \text{ tul. Lentur} = 10 \text{ mm} = 0.01 \text{ m}$

$\emptyset \text{ tul. Susut} = 10 \text{ mm} = 0.01 \text{ m}$

$d_x = 100 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \left(\frac{10 \text{ mm}}{2}\right) = 75 \text{ mm}$

$d_y = 100 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{10 \text{ mm}}{2}\right) = 65 \text{ mm}$

Asumsi jenis pelat : jepit elastis



$$\frac{l_2}{l_1} = \frac{2.1}{4.3} = 0.488 < 2$$

Pelat 2 arah (Two way slab)  
(SNI 2847:2013 Pasal  
9.5.3)

### ➤ Penulangan Pada Pelat

#### 1. Arah x (Eksterior)

- Menghitung statis total,  $M_o$

$$M_{ox} = \frac{q_u \cdot l_2 \cdot L_n^2}{8} = M_{ox} = \frac{512.88 \text{ kg/m} \cdot x \cdot 2.1 \times 3.85 \text{ m}^2}{8}$$

$$M_{ox} = 1995.568 \text{ kgm}$$

- Momen negatif eksterior,

$$M_{ne} = 0.16 \times 1995.568 \text{ kgm} = 319.291 \text{ kgm}$$

- Momen positif ,

$$M_p = 0.57 \times 1995.568 \text{ kgm} = 1137.474 \text{ kgm}$$

- Momen negatif interior,

$$M_{ni} = 0.7 \times 1995.568 \text{ kgm} = 1396.898 \text{ kgm}$$

Pembagian Momen pada lajur kolom dan lajur tengah :

- Momen negatif interior  $\rightarrow L_2 / L_1 = 0.488$

- ❖  $M_i$  pada lajur kolom = Koef x  $M_{ni}$

$$\begin{aligned} M_i \text{ pada lajur kolom} &= 0.75 \times -1396.898 \text{ kgm} \\ &= -1047.67 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- ❖  $M_i$  per satuan lebar =

$M_i$  Lajur Kolom

$$\frac{\frac{1}{2} \text{ lajur kolom kiri} + \frac{1}{2} \text{ lajur kolom kanan}}{1.05m + 0m}$$

$$M_i \text{ per satuan lebar} = \frac{1047.67 \text{ kgm}}{1.05m + 0m} = -997.784 \text{ kgm}$$

- ❖  $M_i$  pada lajur tengah = koef x  $M_{ni}$

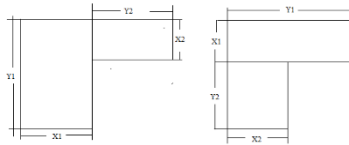
$$\begin{aligned} M_i \text{ pada lajur tengah} &= 0.25 \times 1396.898 \text{ kgm} \\ &= -394.224 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\text{Diambil } M_i \text{ pada lajur tengah} = -394.224 \text{ kgm}$$

- Momen positif  $\Rightarrow L_2 / L_1 = 0.488$

- ❖  $M^+$  pada lajur kolom = Koef x  $M_{ni}$   
 $M^+$  pada lajur kolom =  $0.6 \times 1137.474 \text{ kgm}$   
 $= 682.484 \text{ kgm}$
- ❖  $M^+$  per satuan lebar =  

$$\frac{\text{Mi Lajur Kolom}}{\frac{1}{2}\text{lajur kolom kiri} + \frac{1}{2}\text{lajur kolom kanan}}$$
 $M^+$  per satuan lebar =  $\frac{682.484 \text{ kgm}}{1.05m+0m} = 649.985 \text{ kgm}$
- ❖  $M^+$  pada lajur tengah = koef x  $M_{ni}$   
 $M^+$  pada lajur tengah =  $0.4 \times 1137.474 \text{ kgm}$   
 $= 454.989 \text{ kgm}$   
 Diambil  $M^+$  lajur tengah =  $454.989 \text{ kgm}$
- Momen negatif eksterior  $\rightarrow L_2 / L_1 = 0.488$



$$C = \sum \left[ \left( 1 - 0.63 \frac{x}{y} \right) \frac{x^3 y}{3} \right]$$

$$C1 = \sum \left[ \left( 1 - 0.63 \frac{350}{500} \right) \frac{350^3 500}{3} \right] + \left[ \left( 1 - 0.63 \frac{100}{100} \right) \frac{100^3 100}{3} \right]$$

$$C1 = 4006854167 \text{ mm}^4$$

$$C2 = \sum \left[ \left( 1 - 0.63 \frac{400}{350} \right) \frac{400^3 350}{3} \right] + \left[ \left( 1 - 0.63 \frac{100}{750} \right) \frac{100^3 750}{3} \right]$$

$$C2 = 2319666667 \text{ mm}^4$$

diambil nilai C terbesar,  $C_t = 4006854167 \text{ mm}^4$

$$I_s = \frac{I_2 \times h_{plat}^3}{12} = \frac{2100 \times 100^3}{12} = 175 \times 10^6$$

$E_{cb} = E_{cs}$  Karena  $F_{cb}' = F_{cs}'$

$$\beta_t = \frac{E_{cb} C_t}{2 \times E_{cs} I_s} = \frac{4006854167}{2 \times 175000000} = 11.448$$



**Tabel 4.16 Pembagian momen negative terfaktor eksterior pada lajur kolom**

$l_2/l_1$		0,5	1,0	2,0
$(\alpha l_2/l_1) = 0$	$\beta h = 0$	100	100	100
	$\beta h \geq 2,5$	75	75	75
$(\alpha l_2/l_1) \geq 1,0$	$\beta h = 0$	100	100	100
	$\beta h \geq 2,5$	90	75	45

(SNI 2847:2013 Pasal 13.6.4.2)

Berdasarkan interpolasi nilai- nilai pada tabel 3.4,  
presentase distribusi = 75% , sehingga :

- M<sup>-</sup>e pada lajur kolom = koef x M<sub>ne</sub>  
M<sup>-</sup>e pada lajur kolom = 0.75 x -319.291  
= -239.468 kgm
- M<sup>-</sup>e per satuan lebar =  

$$\frac{\text{M-e Lajur Kolom}}{\frac{1}{2}\text{lajur kolom kiri} + \frac{1}{2}\text{lajur kolom kanan}}$$

$$\text{M-e pada lajur kolom} = \frac{-239.468 \text{ kgm}}{1.05 \text{ m} + 0 \text{ m}} = -228.065 \text{ kgm}$$
- M<sup>-</sup>e pada lajur tengah = M<sub>ne</sub> x M<sup>-</sup>e pada lajur kolom  
M<sup>-</sup>e pada lajur tengah = -(319.291+ -239.468)  
=-79.8227 kgm

Diambil M<sup>-</sup>e lajur tengah = -79.8227 kgm Momen-  
Momen pada Pelat :

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{390 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2} = 18.353$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} = \frac{0,25 \sqrt{25}}{390 \text{ N/mm}^2} = 0,00321$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \times 0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ N/mm}^2} \left( \frac{600}{600 + 390 \text{ N/mm}^2} \right)$$

$$\rho_b = 0,0281$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0281 = 0,0211$$

a. Momen Negatif Interior (Tumpuan x)

$$\text{Mu} = 3492243.996 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mn} = \frac{3492243.996 \text{ Nmm}}{0.9} = 3880271.106 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot dx^2} = \frac{3880271.106}{1000 \cdot 75^2} = 0.690$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot Rn)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 0.690)/390}) = 0.0018$$

Cek syarat :

$$\rho_{min} < \rho \text{ perlu} < \rho_{max}$$

$$0.0032 < 0.0018 < 0.021 \text{ (NOK)}$$

$$\text{Diperbesar } 1.3\rho = 1.3 \times 0.0018 = 0.0023 ,$$

$$\text{dipakai } \rho_{min} = 0.0032$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} = \rho \times b \times dx &= 0.0032 \times 1000 \times 75 \\ &= 240.385 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Kontrol jarak } S_{max} < 2h = 2 \times 100 = 200 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 10^2 \times \frac{1000}{200} \\ &= 392.50 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\text{As perlu} < \text{As pakai}$$

$$240.385 \text{ mm}^2 < 392.50 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu  $\phi 10$ -200

b. Momen positif interior (Lapangan X)

$$Mu = 4549895.034 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{4549895.034 \text{ Nmm}}{0.9} = 5055438.927 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot dx^2} = \frac{5055438.927}{1000 \cdot 75^2} = 1.1966$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot Rn)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 1.1966)/390}) = 0.0032$$

Cek syarat :

$$\rho_{min} < \rho \text{ perlu} < \rho_{max}$$

$$0.0032 < 0.0031 < 0.021 \text{ (NOK)}$$

$$\text{Maka diperbesar } 30\%, \rho = 1.3 \times 0.0031 = 0.0041$$

$$\text{As perlu} = \rho \times b \times dx = 0.0041 \times 1000 \times 75$$

$$= 308.071 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol jarak } S_{\max} < 2h = 2 \times 100 = 200 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 10^2 \times \frac{1000}{200} = 392.50 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\text{As perlu} < \text{As pakai}$$

$$308.071 \text{ mm}^2 < 392.50 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D10-200

c. Momen negatif eksterior (Tumpuan X)

$$\text{Mu} = 798227.199 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mn} = \frac{798227.199 \text{ Nmm}}{0.9} = 886919.11 \text{ Nmm}$$

$$\text{Rn} = \frac{\text{Mn}}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{886919.11}{1000 \cdot 75^2} = 0.1577$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot \text{Rn})/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 0.1577)/390}) = 0.0004$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho \text{ perlu} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.0004 < 0.021 \text{ (OK)}$$

$$\text{Diperbesar } 1.3\rho = 1.3 \times 0.0004 = 0.0005, \text{ dipakai}$$

$$\rho_{\min} = 0.0032$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} = \rho \times b \times d \times x &= 0.0032 \times 1000 \times 75 \\ &= 240.385 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Kontrol jarak } S_{\max} < 2h = 2 \times 100 = 200 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 10^2 \times \frac{1000}{200} \\ &= 392.50 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\text{As perlu} < \text{As pakai}$$

$$240.385 \text{ mm}^2 < 392.50 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D10-200

➤ **Tulangan Susut Pelat Atap Arah X**

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 420 dipakai  $\rho_{\text{susut}} = 0,0018$ .

*SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1 (b)*

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{susut}}} \text{ perlu} &= \rho_{\text{susut}} \times \text{tebal pelat} \times b \\ &= 0.0018 \times 120 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \\ &= 216 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$S_{\text{max}} \leq 5h \text{ atau } S_{\text{max}} \leq 450 \text{ mm}$$

*SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.2*

$$S_{\text{max}} \quad 2 \times 120 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan  $\emptyset 10$

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{s_{\text{susut}}}} = \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{216 \text{ mm}^2} \\ &= 363.757 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 363.757 \text{ mm} < S_{\text{max}} = 600 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 200 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai  $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pakai}} &= \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \pi (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \\ &= 392.857 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ susut}} = 216 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

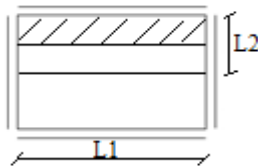
➤ **Penulangan Pelat Atap (Arah Y)**

Untuk perhitungan pelat lantai arah Y beban mati, beban hidup maupun beban ultimate sama dengan perhitungan penulangan arah x.

➤ **Data perencanaan:**

$$\begin{aligned} \text{Tipe} &= \text{PA1} \\ L_2 &= 2.15 \text{ m} \\ L_1 &= 4.2 \text{ m} \\ L_n &= 3.975 \text{ m} \\ f'_c &= 25 \text{ MPa} \\ f_y &= 390 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0,85 \text{ (SNI 2847:2013 Pasal 10.2.7.3)} \\
 b &= 1000 \text{ mm} = 1 \text{ m} \\
 h &= 100 \text{ mm} = 0,10 \text{ m} \\
 \rho_{\text{susut}} &= 0,0018 \text{ (SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1)} \\
 \text{decking} &= 20 \text{ mm} = 0,02 \text{ m} \\
 \varnothing \text{ tul. Lentur} &= 10 \text{ mm} = 0,01 \text{ m} \\
 \varnothing \text{ tul. Susut} &= 10 \text{ mm} = 0,01 \text{ m} \\
 d_x &= 100 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - (10 \text{ mm}/2) = 75 \text{ mm} \\
 d_y &= 100 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - (10 \text{ mm}/2) = 65 \text{ mm} \\
 \text{Asumsi jenis pelat : jepit elastis}
 \end{aligned}$$



$$\frac{l_2}{l_1} = \frac{2.15}{4.2} = 0.512 < 2$$

Pelat 2 arah (Two way slab)  
(SNI 2847:2013 Pasal 9.5.3)

Penulangan pada pelat

- Arah Y
- Menghitung statis total,  $M_o$

$$M_{ox} = \frac{q_u \cdot l_2 \cdot l_n^2}{8} = M_{ox} = \frac{512.88 \text{ kg/m} \cdot 2.15 \times 15.801 \text{ m}^2}{8}$$

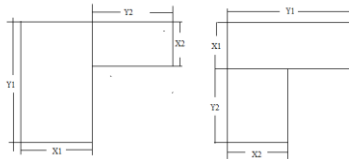
$$M_{ox} = 4254.508 \text{ kgm}$$

- Momen negatif eksterior,  
 $M_{ne} = 0.16 \times 4254.508 \text{ kgm} = 680.7213 \text{ kgm}$
- Momen positif ,  
 $M_p = 0.57 \times 4254.508 \text{ kgm} = 2425.069 \text{ kgm}$
- Momen negatif interior,  
 $M_{ni} = 0.7 \times 4254.508 \text{ kgm} = 2978.156 \text{ kgm}$

Pembagian Momen pada lajur kolom dan lajur tengah :

- Momen negatif interior  $\Rightarrow L_2 / L_1 = 0.512$
- ❖  $M_i \text{ pada lajur kolom} = \text{Koef} \times M_{ni}$   
 $M_i \text{ pada lajur kolom} = 0.75 \times -2978.156 \text{ kgm}$   
 $= -2233.62 \text{ kgm}$

- ❖  $M_i$  per satuan lebar =  $\frac{M_i \text{ Lajur Kolom}}{\frac{1}{2} \text{ lajur kolom kiri} + \frac{1}{2} \text{ lajur kolom kanan}}$   
 $M_i$  per satuan lebar =  $\frac{-2233.62 \text{ kgm}}{1.05m+0m}$   
 $= -1778.36 \text{ kgm}$
- ❖  $M_i$  pada lajur tengah = koef x  $M_{ni}$   
 $M_i$  pada lajur tengah =  $0.25 \times 2978.156$   
 $= -744.539 \text{ kgm}$   
 Diambil  $M_i$  lajur tengah =  $-744.539 \text{ kgm}$   
 Momen positif  $\Rightarrow L_2 / L_1 = 0.512$
- ❖  $M^+$  pada lajur kolom = Koef x  $M_P$   
 $M^+$  pada lajur kolom =  $0.6 \times 2425.069 \text{ kgm}$   
 $= 1455.042 \text{ kgm}$
- ❖  $M^+$  per satuan lebar =  $\frac{M^+ \text{ Lajur Kolom}}{\frac{1}{2} \text{ lajur kolom kiri} + \frac{1}{2} \text{ lajur kolom kanan}}$   
 $M^+$  per satuan lebar =  $\frac{1455.042 \text{ kgm}}{1.05m+0m}$   
 $= 1158.473 \text{ kgm}$
- ❖  $M^+$  pada lajur tengah = koef x  $M_p$   
 $M^+$  pada lajur tengah =  $0.4 \times 2425.069 \text{ kgm}$   
 $= 970.0278 \text{ kgm}$   
 Diambil  $M^+$  lajur tengah =  $970.0278 \text{ kgm}$
- Momen negatif eksterior  $\Rightarrow L_2 / L_1 = 0.512$



$$C = \sum \left[ \left( 1 - 0.63 \frac{x}{y} \right) \frac{x^3 y}{3} \right]$$

$$C_1 = \sum \left[ \left( 1 - 0.63 \frac{450}{700} \right) \frac{450^3 700}{3} \right] + \left[ \left( 1 - 0.63 \frac{100}{100} \right) \frac{100^3 100}{3} \right]$$

$$C_1 = 12663520833 \text{ mm}^4$$

$$C2 = \sum \left[ \left( 1 - 0.63 \frac{600}{450} \right) \frac{600^3 450}{3} \right] + \left[ \left( 1 - 0.63 \frac{100}{1050} \right) \frac{100^3 1050}{3} \right]$$

$$C2 = 5513000000 \text{ mm}^4$$

$$\text{diambil nilai } C \text{ terbesar, } Ct = 12663520833 \text{ mm}^4$$

$$Is = \frac{I_2 \times h_{\text{plat}}^3}{12} = \frac{2150 \times 100^3}{12} = 179166666.7$$

$$Ecb = Ecs \text{ Karena } Fcb' = Fcs'$$

$$\beta_t = \frac{\frac{Ecb Ct}{2 \times Ecs Is}}{\frac{12663520833}{2 \times 179166666.7}} = 3.534$$

**Tabel 4.17 Pembagian momen negative terfaktor eksterior pada lajur kolom**

$l_2/l_1$		0,5	1,0	2,0
$(\text{anti}/l_1) = 0$	$\beta_h = 0$	100	100	100
	$\beta_h \geq 2,5$	75	75	75
$(\text{anti}/l_1) \geq 1,0$	$\beta_h = 0$	100	100	100
	$\beta_h \geq 2,5$	90	75	45

(SNI 2847:2013 Pasal 13.6.4.2)

Berdasarkan interpolasi nilai- nilai pada tabel 3.4,  
presentase distribusi = 75% , sehingga :

- $M^-$  e pada lajur kolom = koef x  $M_{ne}$   
 $M^-$  e pada lajur kolom =  $0.75 \times -680.721 = -510.541$   
 kgm
- $M^-$  e per satuan lebar =  

$$\frac{M^- \text{ e Lajur Kolom}}{\frac{1}{2} \text{ lajur kolom kiri} + \frac{1}{2} \text{ lajur kolom kanan}}$$

$$M^- \text{ e pada lajur lebar} = \frac{-510.541 \text{ kgm}}{1.256 \text{ m} + 0 \text{ m}} = -406.482 \text{ kgm}$$
- $M^-$  e pada lajur tengah =  $M_{ne} \times M^-$  e pada lajur kolom  
 $M^-$  e pada lajur tengah =  $-(680.721 + -510.541)$   
 $= -170.1803 \text{ kgm}$

Diambil  $M^-$  e lajur tengah = -170.1803 kgm

Momen-Momen pada Pelat :

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c} = \frac{390 \text{ N/mm}^2}{0.85 \times 25 \text{ N/mm}^2} = 18.353$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25\sqrt{f_c}}{f_y} = \frac{0,25\sqrt{25}}{390 \text{ N/mm}^2} = 0,00321$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \times 0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ N/mm}^2} \left( \frac{600}{600 + 390 \text{ N/mm}^2} \right)$$

$$\rho_b = 0,0281$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0281 = 0,0211$$

b. Momen Negatif Interior (Tumpuan x)

$$Mu = 7445388.805 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{7445388.805 \text{ Nmm}}{0.9} = 8272654.228 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot dx^2} = \frac{8272654.228}{1000 \cdot 65^2} = 1.471$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot Rn)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 1.471)/390}) = 0.0039$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho \text{ perlu} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.0039 < 0.021 \text{ (OK)}$$

$$\text{As perlu} = \rho \times b \times dx$$

$$= 0.0039 \times 1000 \times 65 = 254.24 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol jarak } S_{\max} < 2h = 2 \times 100 = 200 \text{ mm}$$

$$\text{As pakai} = 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s}$$

$$= 0.25 \times 3.14 \times 10^2 \times \frac{1000}{200}$$

$$= 392.50 \text{ mm}^2$$

Cek Syarat :

$$\text{As perlu} < \text{As pakai}$$

$$254.24 \text{ mm}^2 < 392.50 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D10-200

c. Momen positif interior (Lapangan X)

$$Mu = 9700277.986 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{9700277.986 \text{ Nmm}}{0.9} = 10778086.65 \text{ Nmm}$$



$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot Rn)/f_y})$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot dx^2} = \frac{10778086.65}{1000 \cdot 65^2} = 2.551$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 2.551)/390}) = 0.007$$

Cek syarat :

$$\rho_{min} < \rho \text{ perlu} < \rho_{max}$$

$$0.0032 < 0.007 < 0.021 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times dx = 0.007 \times 1000 \times 65 \\ &= 454.309 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Kontrol jarak } S_{max} < 2h = 2 \times 100 = 200 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 10^2 \times \frac{1000}{150} \\ &= 523.33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\text{As perlu} < \text{As pakai}$$

$$454.309 \text{ mm}^2 < 523.33 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D10-150

c. Momen negatif eksterior (Tumpuan X)

$$Mu = 1701803.156 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{1701803.156 \text{ Nmm}}{0.9} = 1890892.395 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot dx^2} = \frac{1890892.395}{1000 \cdot 65^2} = 0.448$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot Rn)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 0.448)/390}) = 0.0012$$

Cek syarat :

$$\rho_{min} < \rho \text{ perlu} < \rho_{max}$$

$$0.0032 < 0.0012 < 0.021 \text{ (NOK)}$$

$$\begin{aligned} \text{Diperbesar } 1.3\rho &= 1.3 \times 0.0012 = 0.0015, \\ \text{dipakai } \rho_{min} &= 0.0032 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times dx = 0.0032 \times 1000 \times 65 \\ &= 208.333 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol jarak  $S_{\max} < 2h = 2 \times 100 = 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 10^2 \times \frac{1000}{200} \\ &= 392.50 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai}$

$208.333 \text{ mm}^2 < 392.50 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D10-200

### ➤ **Tulangan Susut Pelat Atap Arah Y**

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 420 dipakai  $\rho_{\text{susut}} = 0,0018$ .

*SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1 (b)*

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{susut}}} \text{ perlu} &= \rho_{\text{susut}} \times \text{tebal pelat} \times b \\ &= 0.0018 \times 120 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \\ &= 216 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$S_{\max} \leq 5h$  atau  $S_{\max} \leq 450 \text{ mm}$

*SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.2*

$S_{\max} \quad 2 \times 120 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$

Dipakai tulangan Ø10

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{s_{\text{susut}}}} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{216 \text{ mm}^2} \\ &= 363.757 \text{ mm} \end{aligned}$$

$S = 363.757 \text{ mm} < S_{\max} = 600 \text{ mm}$

$S \text{ pakai} = 200 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai Ø10 – 200 mm

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \pi (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \\ &= 392.857 \text{ mm}^2 > A_s \text{ susut} = 216 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

**Tabel 4.18 Rekap Hasil Perhitungan Plat Lantai**

TI PE PL AT	Pembagi Tulangan	Lx (m)	Ly (m)	Tulang an Hitung an	Tulang an pakai	Tul. Susut arah X dan Y	
						D	s
S4	Tumpuan X	2.1	4.3	D10- 200	D10- 150	10	200
	Lapangan X			D10- 200	D10- 150	10	200
	Tumpuan Y	2.1 25	4.2	D10- 200	D10- 150	10	200
	Lapangan Y			D10- 150	D10- 150	10	200

➤ **Penulangan Pelat Lantai (Arah X)**

➤ **Beban Pada Pelat Lantai yang Ditinjau**

Berat sendiri pelat ( $0.12\text{m} \times 2400\text{ kg/m}^3$ ) = 288 kg/m<sup>2</sup>

Plafond kalsi 4.5 (brosur) = 6.4 kg/m<sup>2</sup>

Penggantung = 6 kg/m<sup>2</sup>

Instalasi listrik, AC, dll = 19 kg/m<sup>2</sup>

Berat keramik 30 x 30 (brosur) = 15 kg/m<sup>2</sup>

Berat spesi 2 cm = 12 kg/m<sup>2</sup>

Qd lantai = 346.4 kg/m<sup>2</sup>

➤ **Beban Hidup Lantai yang Ditinjau :**

Ruang kantor = 240 kg/m<sup>2</sup>

Koridor lantai = 383 kg/m<sup>2</sup>

Laboratorium = 287 kg/m<sup>2</sup>

Ql Lantai = 910 kg/m<sup>2</sup>

➤ **Beban Ultimate Lantai yang Ditinjau :**

qu 4 = 1.2D + 1.6L

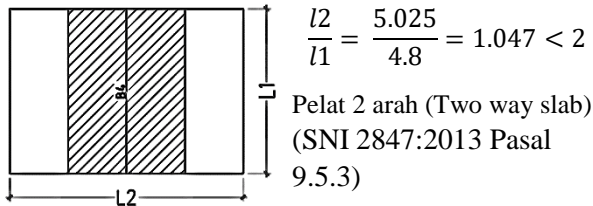
qu 4 = 1.2(346.4) + 1.6 (910)

qu 4 = 1871.659 kg/m<sup>2</sup>

➤ **Data Perencanaan:**

Tipe	= PL1
$L_2$	= 5.025 m
$L_1$	= 4.8 m
$L_n$	= 4.45 m
$f'_c$	= 25 MPa
$f_y$	= 390 MPa
$\beta_1$	= 0,85 (SNI 2847:2013 Pasal 10.2.7.3)
$b$	= 1000 mm = 1 m
$h$	= 120 mm = 0,12 m
$\rho_{\text{susut}}$	= 0,0018 (SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1)
decking	= 20 mm = 0,02 m
Ø tul. Lentur	= 10 mm = 0,01 m
Ø tul. Susut	= 10 mm = 0,01 m
$d_x = 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - (10 \text{ mm}/2)$	= 95 mm
$d_y = 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - (10 \text{ mm}/2)$	= 85 mm

Asumsi jenis pelat : jepit elastis



Pelat 2 arah (Two way slab)  
(SNI 2847:2013 Pasal 9.5.3)

➤ **Penulangan pada pelat**

➤ Arah x (Interior)

- Menghitung statis total,  $M_o$

$$M_{ox} = \frac{q_u \cdot l_2 \cdot L_n^2}{8} = M_{ox} = \frac{1871.659 \text{ kg/m} \cdot 5.025 \times 4.45 \text{ m}^2}{8}$$

$$M_{ox} = 23280.53 \text{ kgm}$$

- Momen negatif eksterior,

$$M_{ne} = 0.65 \times 23280.53 \text{ kgm} = 15132.35 \text{ kgm}$$

- Momen positif ,  
 $M_p = 0.35 \times 23280.53 \text{ kgm} = 8148.186 \text{ kgm}$
- Momen negatif interior,  
 $M_{ni} = 0.65 \times 23280.53 \text{ kgm} = 15132.35 \text{ kgm}$   
 Pembagian Momen pada lajur kolom dan lajur tengah :
- Momen negatif interior  $\Rightarrow L_2 / L_1 = 1.047$ 
  - ❖ Mi pada lajur kolom = Koef x Mni  
 Mi pada lajur kolom =  $0.75 \times -15132.35 \text{ kgm}$   
 $= -11349.3 \text{ kgm}$
  - ❖ Mi per satuan lebar =  

$$\frac{\text{Mi Lajur Kolom}}{\frac{1}{2}\text{lajur kolom kiri} + \frac{1}{2}\text{lajur kolom kanan}}$$

$$\text{Mi per satuan lebar} = \frac{11349.3 \text{ kgm}}{1.257\text{m} + 1.257\text{m}}$$

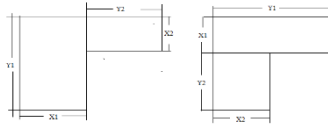
$$= -4514.42 \text{ kgm}$$
  - ❖ Mi pada lajur tengah = koef x Mni  
 Mi pada lajur tengah =  $0.25 \times 15132.35$   
 $= -3783.09 \text{ kgm}$   
 Diambil Mi pada lajur tengah =  $-3783.09 \text{ kgm}$
- Momen positif  $\Rightarrow L_2 / L_1 = 1.047$ 
  - ❖  $M^+$  pada lajur kolom = Koef x Mp  
 $M^+$  pada lajur kolom =  $0.6 \times 8148.186 \text{ kgm}$   
 $= 4888.912 \text{ kgm}$
  - ❖  $M^+$  per satuan lebar =  

$$\frac{\text{Mi Lajur Kolom}}{\frac{1}{2}\text{lajur kolom kiri} + \frac{1}{2}\text{lajur kolom kanan}}$$

$$\text{M}^+ \text{ per satuan lebar} = \frac{4888.912 \text{ kgm}}{1.257\text{m} + 1.257\text{m}}$$

$$= 1944.674 \text{ kgm}$$
  - ❖  $M^+$  pada lajur tengah = koef x Mp  
 $M^+$  pada lajur tengah =  $0.4 \times 8148.186 \text{ kgm}$   
 $= 3259.274 \text{ kgm}$   
 Diambil  $M^+$  lajur tengah =  $3259.274 \text{ kgm}$

- Momen negatif eksterior  $\Rightarrow L_2 / L_1 = 1.047$



$$C = \sum \left[ \left( 1 - 0.63 \frac{x}{y} \right) \frac{x^3 y}{3} \right]$$

$$C1 = \sum \left[ \left( 1 - 0.63 \frac{350}{500} \right) \frac{350^3 500}{3} \right] + \left[ \left( 1 - 0.63 \frac{100}{100} \right) \frac{100^3 100}{3} \right]$$

$$C1 = 4006854167 \text{ mm}^4$$

$$C2 = \sum \left[ \left( 1 - 0.63 \frac{400}{350} \right) \frac{400^3 350}{3} \right] + \left[ \left( 1 - 0.63 \frac{100}{750} \right) \frac{100^3 750}{3} \right]$$

$$C2 = 2319666667 \text{ mm}^4$$

diambil nilai C terbesar,  $C_t = 4006854167 \text{ mm}^4$

$$I_s = \frac{l_2 \times h_{\text{plat}}^3}{12} = \frac{5.025 \times 120^3}{12} = 724 \times 10^8$$

$$E_{cb} = E_{cs} \text{ Karena } F_{cb}' = F_{cs}'$$

$$\beta_t = \frac{E_{cb} C_t}{2 \times E_{cs} I_s} = \frac{4006854167}{2 \times 724 \times 10^8} = 2.769$$

**Tabel 4.19 Pembagian momen negatif terfaktor eksterior pada lajur kolom**

$l_2/l_1$		0,5	1,0	2,0
$(\alpha t_2/t_1) = 0$	$\beta_t = 0$	100	100	100
	$\beta_t \geq 2,5$	75	75	75
$(\alpha t_2/t_1) \geq 1,0$	$\beta_t = 0$	100	100	100
	$\beta_t \geq 2,5$	90	75	45

(SNI 2847:2013 Pasal 13.6.4.2)

Berdasarkan interpolasi nilai- nilai pada tabel 3.14, presentase distribusi = 90% , sehingga :

- $M^-$  pada lajur kolom = koef x  $M_{ne}$   
 $M^-$  pada lajur kolom =  $0.9 \times -15132.35$   
 $= -13619.1 \text{ kgm}$

- M<sup>e</sup> per satuan lebar =  

$$\frac{\text{M}^e \text{ Lajur Kolom}}{\frac{1}{2} \text{lajur kolom kiri} + \frac{1}{2} \text{lajur kolom kanan}}$$

$$\text{M}^e \text{ pada lajur kolom} = \frac{-13619.1 \text{ kgm}}{1.257 \text{ m} + 1.257 \text{ m}} = -5417.31 \text{ kgm}$$
- M<sup>e</sup> pada lajur tengah = M<sub>ne</sub> x M<sup>e</sup> pada lajur kolom  

$$\text{M}^e \text{ pada lajur tengah} = -(15132.35 + -13619.1)$$

$$= -1513.23 \text{ kgm}$$

Diambil M<sup>e</sup> lajur tengah = -1513.23 kgm

Momen- Momen pada Pelat :

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c} = \frac{390 \text{ N/mm}^2}{0.85 \times 25 \text{ N/mm}^2} = 18.353$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f_c}}{f_y} = \frac{0.25 \sqrt{25}}{390 \text{ N/mm}^2} = 0.00321$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0.85 \times 0.85 \times 25 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ N/mm}^2} \left( \frac{600}{600 + 390 \text{ N/mm}^2} \right)$$

$$\rho_b = 0.0281$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.0281 = 0.0211$$

- a. Momen Negatif Interior (Tumpuan x)

$$\text{Mu} = 37830862.9 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mn} = \frac{37830862.9 \text{ Nmm}}{0.9} = 42034292.1 \text{ Nmm}$$

$$\text{Rn} = \frac{\text{Mn}}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{42034292.1}{1000 \cdot 95^2} = 4.659$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot \text{Rn})/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 4.659)/390})$$

$$= 0.0137$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.0137 < 0.021 \text{ (OK)}$$

$$\text{As perlu} = \rho \times b \times d = 0.0137 \times 1000 \times 95$$

$$= 1297.03 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol jarak } S_{\max} < 2h = 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\
 &= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times \frac{1000}{100} \\
 &= 1326.65 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

As perlu < As pakai

$$1297.03 \text{ mm}^2 < 1326.65 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D13-100

- b. Momen positif interior (Lapangan X)

$$\text{Mu} = 32592743.4 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mn} = \frac{32592743.4 \text{ Nmm}}{0.9} = 36214159.3 \text{ Nmm}$$

$$\text{Rn} = \frac{\text{Mn}}{b \cdot d x^2} = \frac{36214159.3}{1000 \cdot 95^2} = 4.0126$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot \text{Rn})/f_y})$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 4.0126)/390}) \\
 &= 0.0115
 \end{aligned}$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho \text{ perlu} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.0115 < 0.021 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho \times b \times d_x = 0.0115 \times 1000 \times 95 \\
 &= 1092.793 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Kontrol jarak } S_{\max} < 2h = 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\
 &= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times \frac{1000}{100} \\
 &= 1326.650 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

As perlu < As pakai

$$1092.793 \text{ mm}^2 < 1326.650 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D12-100

- c. Momen negatif eksterior (Tumpuan X)

$$\text{Mu} = 15132345.1 \text{ Nmm}$$



$$Mn = \frac{15132345.1 \text{ Nmm}}{0.9} = 16813716.8 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{16813716.8}{1000 \cdot 95^2} = 1.863$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot Rn)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 1.863)/390}) = 0.005$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho \text{ perlu} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.005 < 0.021 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \times x = 0.005 \times 1000 \times 95 \\ &= 475.667 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Kontrol jarak } S_{\max} < 2h = 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times \frac{1000}{200} \\ &= 663.325 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\text{As perlu} < \text{As pakai}$$

$$475.667 \text{ mm}^2 < 663.325 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D13-200

### ➤ **Tulangan Susut Pelat Lantai Arah X**

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 420 dipakai  $\rho_{\text{susut}} = 0,0018$ .

*SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1 (b)*

$$\begin{aligned} \text{As}_{\text{susut}} \text{ perlu} &= \rho_{\text{susut}} \times \text{tebal pelat} \times b \\ &= 0.0018 \times 120 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \\ &= 216 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$S_{\max} \leq 5h \text{ atau } S_{\max} \leq 450 \text{ mm}$$

*SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.2*

$$S_{\max} = 2 \times 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan D10

$$S = \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{s \text{ susut}}} = \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{216 \text{ mm}^2}$$

$$= 363.757 \text{ mm}$$

$$S = 363.757 \text{ mm} < S_{\text{max}} = 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai D10 – 200 mm

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \pi (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}}$$

$$= 392.857 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ susut}} = 216 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

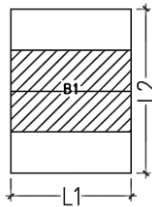
➤ **Penulangan Pelat Lantai (Arah Y)**

Untuk perhitungan pelat lantai arah Y beban mati, beban hidup maupun beban ultimate sama dengan perhitungan penulangan arah x.

• **Data Perencanaan:**

Tipe	= PL2
$L_2$	= 3.95 m
$L_1$	= 2.4 m
$L_n$	= 2.05 m
$f'_c$	= 25 MPa
$f_y$	= 390 MPa
$\beta_1$	= 0,85 (SNI 2847:2013 Pasal 10.2.7.3)
$b$	= 1000 mm = 1 m
$h$	= 120 mm = 0,10 m
$\rho_{\text{susut}}$	= 0,0018 (SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1)
decking	= 20 mm = 0,02 m
Ø tul. Lentur	= 10 mm = 0,01 m
Ø tul. Susut	= 10 mm = 0,01 m
$d_x = 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - (10 \text{ mm}/2)$	= 95 mm
$d_y = 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - (10 \text{ mm}/2)$	= 85 mm

Asumsi jenis pelat : jepit elastis



$$\frac{l_2}{l_1} = \frac{3.95}{2.4} = 1.646 < 2$$

Pelat 2 arah (Two way slab)  
(SNI 2847:2013 Pasal 9.5.3)

### ➤ Penulangan pada Pelat

#### ➤ Arah Y

Menghitung statis total,  $M_o$

$$M_{ox} = \frac{q_u \cdot l_2 \cdot L_n^2}{8} = M_{ox} = \frac{1871.659 \text{ kg/m} \cdot 3.95 \times 4.2 \text{ m}^2}{8}$$

$$M_{ox} = 3883.664 \text{ kgm}$$

- Momen negatif eksterior,  
 $M_{ne} = 0.65 \times 3883.664 \text{ kgm} = 2524.381 \text{ kgm}$
- Momen positif ,  
 $M_p = 0.35 \times 3883.664 \text{ kgm} = 1359.282 \text{ kgm}$
- Momen negatif interior,  
 $M_{ni} = 0.65 \times 3883.664 \text{ kgm} = 2524.381 \text{ kgm}$

Pembagian Momen pada lajur kolom dan lajur tengah :

- Momen negatif interior  $\Rightarrow L_2 / L_1 = 1.646$

- ❖  $M_i \text{ pada lajur kolom} = \text{Koef} \times M_{ni}$

$$M_i \text{ pada lajur kolom} = 0.75 \times -2524.381 \text{ kgm} \\ = -1893.286 \text{ kgm}$$

- ❖  $M_i \text{ per satuan lebar} =$   
 $M_i \text{ Lajur Kolom}$

$$\frac{1}{2} \text{ lajur kolom kiri} + \frac{1}{2} \text{ lajur kolom kanan}$$

$$M_i \text{ per satuan lebar} = \frac{-1893.286 \text{ kgm}}{1.075 \text{ m} + 0.9 \text{ m}} \\ = -958.626 \text{ kgm}$$

- ❖  $M_i \text{ pada lajur tengah} = \text{koef} \times M_{ni}$

$$M_i \text{ pada lajur tengah} = 0.25 \times 2524.381 \\ = -631.095 \text{ kgm}$$

Diambil  $M_i$  lajur tengah = -631.095 kgm

- Momen positif  $\Rightarrow L_2 / L_1 = 1.646$

❖  $M^+$  pada lajur kolom = Koef x MP

$$M^+ \text{ pada lajur kolom} = 0.6 \times 1359.282 \text{ kgm} \\ = 815.569 \text{ kgm}$$

❖  $M^+$  per satuan lebar =

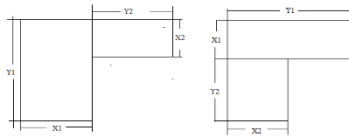
$$\frac{M_i \text{ Lajur Kolom}}{\frac{1}{2} \text{ lajur kolom kiri} + \frac{1}{2} \text{ lajur kolom kanan}} \\ M^+ \text{ per satuan lebar} = \frac{815.569 \text{ kgm}}{1.075m + 0.9m} \\ = 412.947 \text{ kgm}$$

❖  $M^+$  pada lajur tengah = koef x  $M_p$

$$M^+ \text{ pada lajur tengah} = 0.4 \times 1359.282 \text{ kgm} \\ = 543.713 \text{ kgm}$$

Diambil  $M^+$  lajur tengah = 543.713 kgm

- Momen negatif eksterior  $\Rightarrow L_2 / L_1 = 1.646$



$$C = \sum \left[ \left( 1 - 0.63 \frac{x}{y} \right) \frac{x^3 y}{3} \right]$$

$$C1 = \sum \left[ \left( 1 - 0.63 \frac{450}{700} \right) \frac{450^3 700}{3} \right] + \left[ \left( 1 - 0.63 \frac{100}{100} \right) \frac{100^3 100}{3} \right] \\ C1 = 12663520833 \text{ mm}^4$$

$$C2 = \sum \left[ \left( 1 - 0.63 \frac{600}{450} \right) \frac{600^3 450}{3} \right] + \left[ \left( 1 - 0.63 \frac{100}{1050} \right) \frac{100^3 1050}{3} \right] \\ C2 = 5513000000 \text{ mm}^4$$

diambil nilai C terbesar,  $C_t = 12663520833 \text{ mm}^4$

$$I_s = \frac{I_2 \times h_{plat}^3}{12} = \frac{3950 \times 100^3}{12} = 569.10^8 \\ E_{cb} = E_{cs} \text{ Karena } F_{cb}' = F_{cs}'$$

$$\beta_t = \frac{E_{cb} C_t}{2 \times E_{cs} I_s} = \frac{12663520833}{2 \times 569.10^8}$$

$$= 11.132$$

**Tabel 4.20 Pembagian momen negative terfaktor eksterior pada lajur kolom**

$l_2/l_1$		0,5	1,0	2,0
$(\alpha t_2/t_1) = 0$	$\beta = 0$	100	100	100
	$\beta \geq 2,5$	75	75	75
$(\alpha t_2/t_1) \geq 1,0$	$\beta = 0$	100	100	100
	$\beta \geq 2,5$	90	75	45

(SNI 2847:2013 Pasal 13.6.4.2)

Berdasarkan interpolasi nilai- nilai pada tabel 3.14, presentase distribusi = 90% , sehingga :

- $M^-$  pada lajur kolom = koef x  $M_{ne}$   
 $M^-$  pada lajur kolom =  $0.90 \times -2524.381$   
 $= -2271.943 \text{ kgm}$

- $M^-$  per satuan lebar =  
 $M^- \text{e Lajur Kolom}$

$$\frac{1}{2} \text{lajur kolom kiri} + \frac{1}{2} \text{lajur kolom kanan}$$

$$M^- \text{e pada lajur lebar} = \frac{-2271.943 \text{ kgm}}{1.075m + 0.9m} = -1150.351$$

kgm

$$M^- \text{e pada lajur tengah} = M_{ne} \times M^- \text{e pada lajur kolom}$$

$$M^- \text{e pada lajur tengah} = -(2524.381 + -2271.943)$$

$$= -252.438 \text{ kgm}$$

$$\text{Diambil } M^- \text{e lajur tengah} = -252.438 \text{ kgm}$$

Momen-Momen pada Pelat :

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c} = \frac{390 \text{ N/mm}^2}{0.85 \times 25 \text{ N/mm}^2} = 18.353$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f_c}}{f_y} = \frac{0.25 \sqrt{25}}{390 \text{ N/mm}^2} = 0.00321$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0.85 \times 0.85 \times 25 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ N/mm}^2} \left( \frac{600}{600 + 390 \text{ N/mm}^2} \right)$$

$$\rho_b = 0.0281$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.0281 = 0.0211$$

- a. Momen Negatif Interior (Tumpuan x)

$$M_u = 6310953 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{6310953 \text{ Nmm}}{0.9} = 7012170 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot y^2} = \frac{7012170}{1000 \cdot 85^2} = 0.971$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 0.971)/390}) = 0.0025$$

$$\text{maka diperbesar } 30\%, \rho = 1.3 \times 0.0025 = 0.0033$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho \text{ perlu} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.0033 < 0.021 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d = 0.0033 \times 1000 \times 85 \\ &= 281.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Kontrol jarak } S_{\max} < 2h = 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 10^2 \times \frac{1000}{200} \\ &= 392.50 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai}$$

$$281.57 \text{ mm}^2 < 392.50 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D10-200

b. Momen positif interior (Lapangan X)

$$M_u = 5437129 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{5437129 \text{ Nmm}}{0.9} = 6041255 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{6041255}{1000 \cdot 85^2} = 0.836$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 0.836)/390}) = 0.0022$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho \text{ perlu} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.0022 < 0.021 \text{ (NOK)}$$

Maka diperbesar 30%,  $\rho = 1.3 \times 0.0022 = 0.0028$   
 dipakai  $\rho_{\min} = 0.0032$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d_x = 0.0032 \times 1000 \times 85 \\ &= 272.436 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Kontrol jarak } S_{\max} < 2h = 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 10^2 \times \frac{1000}{200} \setminus \\ &= 392.500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\text{As perlu} < \text{As pakai}$$

$$272.436 \text{ mm}^2 < 392.500 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D10-200

c. Momen negatif eksterior (Tumpuan X)

$$M_u = 2524381 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{2524381 \text{ Nmm}}{0.9} = 2804868 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot y^2} = \frac{2804868}{1000 \cdot 85^2} = 0.664$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n) / f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 0.664) / 390}) = 0.0017$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho \text{ perlu} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.0017 < 0.021 \text{ (NOK)}$$

Diperbesar 1.3  $\rho = 1.3 \times 0.0017 = 0.0022$ , dipakai  
 $\rho_{\min} = 0.0032$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d_x = 0.0032 \times 1000 \times 85 \\ &= 272.436 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Kontrol jarak } S_{\max} < 2h = 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 10^2 \times \frac{1000}{200} \end{aligned}$$

$$= 392.50 \text{ mm}^2$$

Cek Syarat :

As perlu < As pakai

$$272.436 \text{ mm}^2 < 392.50 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D10-200

### ➤ **Tulangan Susut Pelat Lantai Arah Y**

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 420 dipakai  $\rho_{\text{susut}} = 0,0018$ .

*SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1 (b)*

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{susut}}} \text{ perlu} &= \rho_{\text{susut}} \times \text{tebal pelat} \times b \\ &= 0.0018 \times 120 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \\ &= 216 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$S_{\text{max}} \leq 5h \text{ atau } S_{\text{max}} \leq 450 \text{ mm}$$

*SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.2*

$$S_{\text{max}} \quad 2 \times 120 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan D10

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{s_{\text{susut}}}} = \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{216 \text{ mm}^2} \\ &= 363.757 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 363.757 \text{ mm} < S_{\text{max}} = 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai D10 – 200 mm

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \pi (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \\ &= 392.857 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{susut}}} = 216 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$



➤ **Penulangan Plat Lantai**

➤ **Data Perencanaan:**

Tipe	= PL23
$L_2$	= 5.025 m
$L_1$	= 1.2 m
$Ln_1$	= 0.85 m
$Ln_2$	= 4.725 m
$f'_c$	= 25 MPa
$f_y$	= 390 MPa
$\beta_1$	= 0,85 (SNI 2847:2013 Pasal 10.2.7.3)
$b$	= 1000 mm = 1 m
$h$	= 120 mm = 0,12 m
$\rho_{susut}$	= 0,0018 (SNI 2847:2013 Pasal

7.12.2.1)

decking = 20 mm = 0,02 m

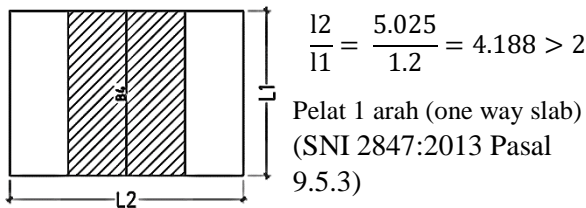
Ø tul. Lentur = 10 mm = 0,01 m

Ø tul. Susut = 10 mm = 0,01 m

$d_x = 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - (10 \text{ mm}/2) = 95 \text{ mm}$

$d_y = 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - (10 \text{ mm}/2) = 85 \text{ mm}$

Asumsi jenis pelat : jepit elastis



Momen Positif :

$$M_{lx} = \frac{W_u \cdot l_n^2}{11} = \frac{1871.659 \text{ kg/m}^2 \cdot 0.85^2}{11}$$

$$= 122.934 \text{ kgm}$$

$$M_{tx} = \frac{W_u \cdot l_n^2}{11} = \frac{1871.659 \text{ kg/m}^2 \cdot 4.725^2}{11}$$

$$= 2983.622 \text{ kgm}$$

### **Penulangan Pelat :**

#### Momen Positif :

- $M_{lx} = 122.934 \text{ kgm}$   
 $M_u = 1229340 \text{ Nmm}$   
 $M_n = \frac{1229340 \text{ Nmm}}{0.9} = 1365933.126 \text{ Nmm}$   
 $R_n = \frac{M_n}{b \cdot d x^2} = \frac{1365933.126}{1000 \cdot 95^2} = 0.151$   
 $\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$   
 $\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 0.151)/390}) = 0.0004$

Cek syarat :

$$\begin{aligned} \rho_{min} &< \rho \text{ perlu} < \rho_{max} \\ 0.0032 &< 0.0004 < 0.021 \text{ (NOK)} \\ \text{Maka diperbesar } 30\%, \rho &= 1.3 \times 0.0004 = 0.0005 \\ \text{dipakai } \rho_{min} &= 0.0032 \\ \text{As perlu} &= \rho \times b \times d x = 0.0032 \times 1000 \times 95 \\ &= 304.49 \text{ mm}^2 \\ \text{Kontrol jarak } S_{max} &< 2h = 2 \times 120 = 240 \text{ mm} \\ \text{As pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 10^2 \times \frac{1000}{200} \setminus \\ &= 392.500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &< \text{As pakai} \\ 304.49 \text{ mm}^2 &< 392.500 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)} \\ \text{Jadi tulangan yang dipakai yaitu D10-200} \end{aligned}$$

### ➤ **Kontrol jarak tulangan**

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 13.3.2, disebutkan bahwa spasi tulangan pada penampang kritis tidak boleh melebihi dari dua kali tebal slab, sehingga:

$$120\text{mm} < 2 \cdot t_{plat} \rightarrow 120\text{mm} < 2 \cdot 120\text{mm}$$

$$120\text{mm} < 240\text{mm} (\text{OK!})$$

➤ **Cek jarak tulangan terhadap kontrol retak**

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.6.4.

$$\text{Syarat: } s = 300 \cdot \left( \frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot c_c \text{ dan tidak melebihi}$$

$$s_{\max} = 300 \cdot \left( \frac{280}{f_s} \right)$$

$$f_s = \frac{2}{3} \cdot f_y = \frac{2}{3} \cdot 390\text{Mpa} = 260\text{Mpa}$$

Dengan  $c_c$  merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, sehingga  $c_c = 20\text{ mm}$

$$\text{Sehingga: } s = 300 \cdot \left( \frac{280}{266,67} \right) - 2,5 \cdot 20 = 265\text{mm}$$

$$s_{\max} = 300 \cdot \left( \frac{280}{260} \right) = 323,077\text{ mm}$$

Jarak antar tulangan dipakai =  $200\text{ mm} < 265\text{ mm}$  (OK!)

➤ **Kontrol ketebalan pelat terhadap geser**

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 8.3.3, nilai  $V_u$  adalah:

$$V_u = \frac{w_u \cdot \ell_n}{2} = \frac{18,72\text{ kN} / \text{m}^2 \cdot 0,85\text{m}}{2} = 7,956\text{ kN}$$

Nilai  $V_c$  ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.2.1.

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

Dimana:  $\lambda = 1$  untuk beton normal berdasarkan SNI 03 2847-2013 pasal 8.6.1

$$V_c = 0.17 \cdot 1 \cdot \sqrt{25 \text{ Mpa}} \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 95 \text{ mm}$$

$$V_c = 80750 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c = 0.75 \cdot 80750 \text{ N} = 60562.5 \text{ N} \\ = 60.562 \text{ kN}$$

$$7.956 \text{ kN} < 60.562 \text{ kN}$$

$$V_u < \phi V_c \text{ (OK)}$$

- $M_{tx} = 2983.622 \text{ kgm}$   
 $M_u = 29836220 \text{ Nmm}$   
 $M_n = \frac{29836220 \text{ Nmm}}{0.9} = 33151350.57 \text{ Nmm}$   
 $R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{33151350.57}{1000 \cdot 95^2} = 3.673$   
 $\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 3.673)/390}) = 0.0104$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.0104 < 0.021 \text{ (OK)}$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d = 0.0104 \times 1000 \times 95 \\ = 989.31 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol jarak } S_{\max} < 2h = 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pakai} = 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ = 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times \frac{1000}{125} \\ = 1061.32 \text{ mm}^2$$

Cek Syarat :

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai}$$

$$989.31 \text{ mm}^2 < 1061.32 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D13-125

➤ **Kontrol jarak tulangan**

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 13.3.2, disebutkan bahwa spasi tulangan pada penampang kritis tidak boleh melebihi dari dua kali tebal slab, sehingga:

$$120\text{mm} < 2 \cdot t_{\text{plat}} \rightarrow 120\text{mm} < 2 \cdot 120\text{mm}$$

$$120\text{mm} < 240\text{mm} (\text{OK!})$$

➤ **Cek jarak tulangan terhadap kontrol retak**

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.6.4.

$$\text{Syarat: } s = 300 \cdot \left( \frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot c_c \text{ dan tidak melebihi}$$

$$s_{\text{max}} = 300 \cdot \left( \frac{280}{f_s} \right)$$

$$f_s = \frac{2}{3} \cdot f_y = \frac{2}{3} \cdot 390\text{Mpa} = 260\text{Mpa}$$

Dengan  $c_c$  merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, sehingga  $c_c = 20\text{ mm}$

$$\text{Sehingga: } s = 300 \cdot \left( \frac{280}{266,67} \right) - 2,5 \cdot 20 = 265\text{mm}$$

$$s_{\text{max}} = 300 \cdot \left( \frac{280}{260} \right) = 323,077\text{ mm}$$

Jarak antar tulangan dipakai =  $200\text{ mm} < 265\text{ mm}$  (OK!)

➤ **Kontrol ketebalan pelat terhadap geser**

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 8.3.3, nilai  $V_u$  adalah:

$$V_u = \frac{w_u \cdot \ell_n}{2} = \frac{18,72\text{ kN} / \text{m}^2 \cdot 4,725\text{m}}{2} = 44,226\text{ kN}$$

Nilai  $V_c$  ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013

pasal 11.2.1.

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

Dimana:  $\lambda = 1$  untuk beton normal berdasarkan SNI 03 2847-2013 pasal 8.6.1

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{25 \text{ Mpa}} \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 95 \text{ mm}$$

$$V_c = 80750 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 80750 \text{ N} = 60562,5 \text{ N}$$

$$= 60,562 \text{ kN}$$

$$44,226 \text{ kN} < 60,562 \text{ kN}$$

$$V_u < \phi V_c \text{ (OK)}$$

### ➤ Tulangan Susut Pelat Lantai

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 420 dipakai  $\rho_{\text{susut}} = 0,0018$ .

*SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1 (b)*

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{susut}}} \text{ perlu} &= \rho_{\text{susut}} \times \text{tebal pelat} \times b \\ &= 0,0018 \times 120 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \\ &= 216 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$S_{\text{max}} \leq 5h \text{ atau } S_{\text{max}} \leq 450 \text{ mm}$$

*SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.2*

$$S_{\text{max}} \quad 2 \times 120 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan Ø10

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{s_{\text{susut}}}} = \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{216 \text{ mm}^2} \\ &= 363,757 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 363,757 \text{ mm} < S_{\text{max}} = 600 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 200 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai Ø10 – 200 mm

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\frac{1}{4} \pi (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \\
 &= 392.857 \text{ mm}^2 > A_s \text{ susut} = 216 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.20 Rekap Hasil Perhitungan Plat Lantai**

TIPE PLAT	Pembagi Tulangan	Lx (m)	Ly (m)	Tulangan Hitungan	Tulangan pakai	Tul. Susut arah X dan Y	
						D	s
S1	Tumpuan X	1.2	4.3	D10-200	D13-125	10	200
	Lapangan X			D10-200	D13-125	10	200
	Tumpuan Y	2.15	2.4	D10-200	D13-125	10	200
	Lapangan Y			D10-200	D13-150	10	200
S2	Tumpuan X	2	3.6	D10-200	D10-200	10	200
	Lapangan X			D10-200	D10-200	10	200
	Tumpuan Y	1.2	1.6	D10-200	D10-200	10	200
	Lapangan Y			D10-200	D10-200	10	200
S3	Tumpuan X	5.025	1.2	D13-125	D13-125	10	200
	Lapangan X			D10-200	D13-125	10	200

➤ **Perhitungan Penulangan Plat Tangga**

Perhitungan penulangan pada tangga pada umumnya sama seperti perhitungan penulangan pada pelat. Permodelan tangga menggunakan aplikasi SAP 2000 dengan asumsi perletakan jepit-jepit-jepit.

Tangga pada gedung perkuliahan ini terdapat pada 3 tipe, yang membedakan antara keduanya adalah panjang datar tangga dan tinggi antar lantai tangga tersebut. Tipe 1 tangga dengan panjang datar tangga 2.85m, tipe 2 = 4.85m , dan tipe 3 = 6.8 m

- **Beban Hidup Beban Pelat Tangga Lantai 1-5**

**Beban Mati :**

Berat sendiri pelat ( $0.15\text{cm} \times 2400 \text{ kg/m}^3$ ) = 360 kg/m<sup>2</sup>

Berat anak tangga ( $0.18 \times 2400 \text{ kg/m}^2$ ) = 432 kg/m<sup>2</sup>

Berat spesi 2 cm = 42 kg/m<sup>2</sup>

Berat keramik ukuran 30 x 30 (brosur) = 15 kg/m<sup>2</sup>

Berat pegangan = 10 kg/m<sup>2</sup>

qD Tangga  $\frac{\quad}{\quad} = 859 \text{ kg/m}^2$

- **Tangga sesuai SNI 1727:2013 tabel 4-1**

Beban hidup tangga = 479 kg/m<sup>2</sup>

- **Beban Ultimate Tangga :**

qu = 1.2D + 1.6L

qu = 1.2(859) + 1.6 (479)

qu = 1797.2 kg/m<sup>2</sup>

➤ **Penulangan Plat Tangga**

**Data perencanaan :**

Tipe Pelat : Tipe 1

Panjang Datar Tangga : 2.8 m

Tinggi Tangga : 2 m

Panjang Bordes : 2 m

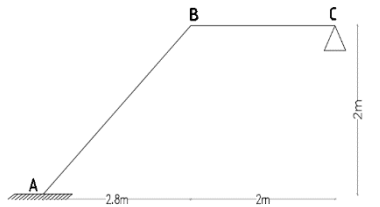
Mutu Beton (Fc') : 25 Mpa

Mutu Baja (Fy) : 390 Mpa

Ø Tulangan Lentur : 13 Mm



Decking : 20 Mm  
 B : 1000 Mm  
 B1 : 0,85  
 (SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3)  
 Faktor reduksi ( $\phi$ ) : 0,9  
 (SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.7(a))  
 Tebal plat tangga (t) : 150 mm  
 $d_x = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - (13 \text{ mm}/2) = 118.5 \text{ mm}$   
 $d_y = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - (13 \text{ mm}/2) = 105.5 \text{ mm}$



**Gambar 4.34 Perletakan tangga Tipe 1**

Momen- Momen pada Pelat :

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{390 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2} = 18.353$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} = \frac{0,25 \sqrt{25}}{390 \text{ N/mm}^2} = 0,00321$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \times 0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ N/mm}^2} \left( \frac{600}{600 + 390 \text{ N/mm}^2} \right)$$

$$\rho_b = 0,0281$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0281 = 0,0211$$

- Output momen dari SAP 2000:

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 4.2.2. Momen dari aplikasi SAP 2000 dengan menggunakan kombinasi beban gravitasi dan beban gempa adalah sebagai berikut:

Kombinasi Beban	Momen arah X	Momen Arah Y
1.4 D	742.99	471.46
1.2D + 1.6 L	1958.86	1626.9
2D + 1.0EY + 0.3EX + L	2225.03	59.62
2D + 1.0EX + 0.3EY + L	2026.76	915.87
0.9D + 1.0EX + 0.3EY	1041.29	50.59
<b>0.9D + 1.0EY + 0.3EX</b>	<b>3210.5</b>	<b>805.66</b>

Dari tabel diatas diperoleh momen maksimum yaitu :

**Penulangan Tangga arah x :**

$$M_{11} = 3210.5 \text{ kgm}$$

$$M_u = 32105000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{32105000 \text{ Nmm}}{0.9} = 35672222 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{35672222}{1000 \cdot 118.5^2} = 2.540$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 2.540)/390}) = 0.007$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.007 < 0.021 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \times x = 0.007 \times 1000 \times 118.5 \\ &= 824.52 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol jarak } S_{\max} &< 2h = 2 \times 150 = 300 \text{ mm} \\ &\text{(SNI 2847:2013 pasal 7.6.4)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times \frac{1000}{125} \\ &= 1061.32 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\text{As perlu} < \text{As pakai}$$

$$824.52 \text{ mm}^2 < 1061.32 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D13-125

**Penulangan Tangga arah Y :**

$$M_{22} = 805.66 \text{ kgm}$$

$$M_u = 8056600 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{8056600 \text{ Nmm}}{0.9} = 8951778 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot y^2} = \frac{8951778}{1000 \cdot 105.5^2} = 0.804$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 0.804)/390}) = 0.0021$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.002 < 0.021 \text{ (TIDAK OK)}$$

$$\text{diperbesar } 30\%, \text{ maka } \rho_{\text{perlu}} = 1.3 \times 0.0021 = 0.0027$$

$$\text{sehingga dipakai } \rho_{\min} = 0.0032$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0032 \times 1000 \times 105.5 \\ &= 338.14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Kontrol jarak } S_{\max} < 2h = 2 \times 150 = 300 \text{ mm}$$

(SNI 2847:2013 pasal 7.6.4)

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times \frac{1000}{200} \\ &= 663.33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\text{As perlu} < \text{As pakai}$$

$$338.14 \text{ mm}^2 < 663.33 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D13-200

**Penulangan Tangga arah Y2 :**

Kombinasi Beban	Momen arah X	Momen Arah Y
1.4 D	742.99	471.46
1.2D + 1.6 L	1958.86	1626.9
2D + 1.0EY + 0.3EX + L	1863.22	2358.62
2D + 1.0EX + 0.3EY + L	1489.71	1338.83

$0.9D + 1.0EX + 0.3EY$	1041.29	50.59
$0.9D + 1.0EY + 0.3EX$	3210.5	805.66

Dari tabel diatas diambil momen maksimum yaitu :

### **Penulangan Tangga arah Y2 :**

$$M_{22} = 2358.62 \text{ kgm}$$

$$M_u = 23586200 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{23586200 \text{ Nmm}}{0.9} = 26206889 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{26206889}{1000 \cdot 105.5^2} = 2.355$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 2.355)/390}) = 0.0064$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho \text{ perlu} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.0064 < 0.021 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \times x = 0.0064 \times 1000 \times 105.5 \\ &= 676.78 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol jarak } S_{\max} &< 2h = 2 \times 150 = 300 \text{ mm} \\ &\text{(SNI 2847:2013 pasal 7.6.4)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times \frac{1000}{150} \\ &= 884.43 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\text{As perlu} < \text{As pakai}$$

$$676.78 \text{ mm}^2 < 884.43 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D13-150

### **Penulangan Tangga arah X2 :**

$$M_{11} = 1863.22 \text{ kgm}$$

$$M_u = 18632200 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{18632200 \text{ Nmm}}{0.9} = 20702444 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d x^2} = \frac{20702444}{1000 \cdot 118.5^2} = 1.474$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 1.474)/390}) = 0.0039$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho \text{ perlu} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.0039 < 0.021 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d x &= 0.0039 \times 1000 \times 118.5 \\ & &= 464.68 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol jarak } S_{\max} &< 2h &= 2 \times 150 = 300 \text{ mm} \\ & &(\text{SNI 2847:2013 pasal 7.6.4}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times \frac{1000}{200} \\ &= 663.33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\text{As perlu} < \text{As pakai}$$

$$464.68 \text{ mm}^2 < 663.33 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D13-200

### Data perencanaan :

Tipe Pelat : Tipe 1.1

Panjang Datar Tangga 1 : 4.25 m

Panjang Datar Tangga 2 : 4.85 m

Tinggi Tangga 1 : 2.2 m

Tinggi Tangga 2 : 2.6 m

Panjang Bordes : 2 m

Mutu Beton ( $f_c'$ ) : 25 Mpa

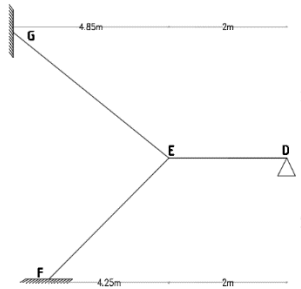
Mutu Baja ( $f_y$ ) : 390 Mpa

Ø Tulangan Lentur : 13 Mm

Decking : 20 Mm

B : 1000 Mm

B1 : 0,85  
*(SNI 2847-2013 Pasal 10.2.7.3)*  
 Faktor Reduksi ( $\phi$ ) : 0,9  
*(SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.7(a))*  
 Tebal plat tangga (t) : 150 mm  
 $d_x = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - (13 \text{ mm}/2) = 118.5 \text{ mm}$   
 $d_y = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - (13 \text{ mm}/2) = 105.5 \text{ mm}$



**Gambar 4.35 Perletakan tangga Tipe 1.1**

Momen- Momen pada Pelat :

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{390 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2} = 18.353$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} = \frac{0,25 \sqrt{25}}{390 \text{ N/mm}^2} = 0,00321$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \times 0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ N/mm}^2} \left( \frac{600}{600 + 390 \text{ N/mm}^2} \right)$$

$$\rho_b = 0,0281$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0281 = 0,0211$$

- Output momen dari SAP 2000:

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 4.2.2. Momen dari aplikasi SAP 2000 dengan menggunakan kombinasi beban gravitasi dan beban gempa adalah sebagai berikut:

Kombinasi Beban	Momen arah X	Momen Arah Y
1.4 D	301.82	26.08
1.2D + 1.6 L	633.06	87.41
1.2D + 1.0EY + 0.3EX + L	3013.15	2427.52
1.2D + 1.0EX + 0.3EY + L	2040.74	737.97
<b>0.9D + 1.0EX + 0.3EY</b>	<b>3754.39</b>	1699.99
0.9D + 1.0EY + 0.3EX	3331.83	2597.72

Dari tabel diatas diperoleh momen maksimum yaitu :

**Penulangan Tangga arah x :**

$$M_{11} = 3754.39 \text{ kgm}$$

$$M_u = 37543900 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{37543900 \text{ Nmm}}{0.9} = 41715444 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d x^2} = \frac{41715444}{1000 \cdot 118.5^2} = 2.971$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 -$$

$$\sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 2.971)/390}) = 0.0082$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho \text{ perlu} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.0082 < 0.021 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d x = 0.0082 \times 1000 \times 118.5 \\ &= 976.48 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol jarak } S_{\max} &< 2h = 2 \times 150 = 300 \text{ mm} \\ &\text{(SNI 2847:2013 pasal 7.6.4)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times \frac{1000}{125} \\ &= 1061.32 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai}$$

$$976.48 \text{ mm}^2 < 1061.32 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D13-125

**Penulangan Tangga arah Y :**

$$M_{22} = 1699.99 \text{ kgm}$$

$$M_u = 16999900 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{16999900 \text{ Nmm}}{0.9} = 18888778 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d y^2} = \frac{18888778}{1000 \cdot 105.5^2} = 1.697$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 1.697)/390}) = 0.0045$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho \text{ perlu} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.0045 < 0.021 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \times dx = 0.0045 \times 1000 \times 105.5 \\ &= 479.04 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol jarak } S_{\max} &< 2h = 2 \times 150 = 300 \text{ mm} \\ &(\text{SNI 2847:2013 pasal 7.6.4}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times \frac{1000}{200} \\ &= 663.33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai}$$

$$479.04 \text{ mm}^2 < 663.33 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D13-200

**Penulangan Tangga arah Y2 :**

Kombinasi Beban	Momen arah X	Momen Arah Y
1.4 D	301.82	26.08
1.2D + 1.6 L	633.06	87.41
2D + 1.0EY+ 0.3EX+ L	3013.15	2427.52
2D + 1.0EX+ 0.3EY+ L	2040.74	737.97



0.9D + 1.0EX + 0.3EY	3754.39	1699.99
<b>0.9D + 1.0EY + 0.3EX</b>	3331.83	<b>2597.72</b>

Dari tabel diatas diambil momen maksimum yaitu :

**Penulangan Tangga arah Y2 :**

$$M_{22} = 2597.72 \text{ kgm}$$

$$M_u = 25977200 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{25977200 \text{ Nmm}}{0.9} = 28862556 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d x^2} = \frac{28862556}{1000 \cdot 105.5^2} = 2.593$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 -$$

$$\sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 2.593) / 390}) = 0.0071$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho \text{ perlu} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.0071 < 0.021 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d x = 0.0071 \times 1000 \times 105.5 \\ &= 750.50 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol jarak } S_{\max} &< 2h = 2 \times 150 = 300 \text{ mm} \\ &\text{(SNI 2847:2013 pasal 7.6.4)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times \frac{1000}{150} \\ &= 884.43 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\text{As perlu} < \text{As pakai}$$

$$750.50 \text{ mm}^2 < 884.43 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D13-150

**Penulangan Tangga arah X2 :**

$$M_{11} = 3331.83 \text{ kgm}$$

$$M_u = 33318300 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{33318300 \text{ Nmm}}{0.9} = 37020333 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d x^2} = \frac{37020333}{1000 \cdot 118.5^2} = 2.636$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 2.636)/390}) = 0.0072$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho \text{ perlu} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.0072 < 0.021 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d x = 0.0072 \times 1000 \times 118.5 \\ &= 858.06 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol jarak } S_{\max} &< 2h = 2 \times 150 = 300 \text{ mm} \\ &\text{(SNI 2847:2013 pasal 7.6.4)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times \frac{1000}{125} \\ &= 1061.32 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\text{As perlu} < \text{As pakai}$$

$$858.06 \text{ mm}^2 < 1061.32 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D13-125

### ➤ **Tulangan Susut Pelat Tangga Tipe 1 Arah X dan Y dan X2 dan Y2**

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 420 dipakai  $\rho_{\text{susut}} = 0,0018$ .

*SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1 (b)*

$$\begin{aligned} \text{As}_{\text{susut}} \text{ perlu} &= \rho_{\text{susut}} \times \text{tebal pelat} \times b \\ &= 0.0018 \times 120 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \\ &= 216 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$S_{\max} \leq 5h \text{ atau } S_{\max} \leq 450 \text{ mm}$$

*SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.2*

$$S_{\max} = 2 \times 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan Ø10

$$S = \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s \text{ susut}} = \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{216 \text{ mm}^2}$$

$$= 363.757 \text{ mm}$$

$$S = 363.757 \text{ mm} < S_{\max} = 600 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 200 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai  $\varnothing 10 - 200 \text{ mm}$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \pi (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}}$$

$$= 392.857 \text{ mm}^2 > A_s \text{ susut} = 216 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

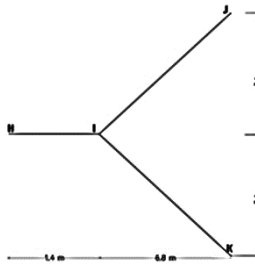
**Tabel 4.21 Rekap Hasil Perhitungan Plat Tangga Tipe 1**

Tipe	Arah X		Arah Y		Arah X2		Arah Y2		Susut (X dan X2)		Susut (Y1 dan Y2)	
	D	s	D	s	D	s	D	s	D	s	D	s
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm	m	m
	m	m	m	m	m	m	m	m	m		m	m
Plat tangga 1	13	125	13	200	13	200	13	150	10	200	10	200
Plat tangga 1.1	13	125	13	200	13	125	13	150	10	200	10	200

Berdasarkan hasil rekapitulasi tangga diatas, maka diambil tangga tipe 1 meliputi : arah x = 13-125 dan arah y 13-125.

**Data Perencanaan :**

Tipe Pelat	: Tipe 2
Panjang Datar Tangga 1	: 4.85m
Panjang Datar Tangga 2	: 4.85 m
Tinggi Tangga 1	: 2.2 m
Tinggi Tangga 2	: 2.6 m
Panjang Bordes	: 2 m
Mutu Beton ( $F_c'$ )	: 25 Mpa
Mutu Baja ( $F_y$ )	: 390 Mpa
Ø Tulangan Lentur	: 13 Mm
Decking	: 20 Mm
b	: 1000 mm
$\beta_1$	: 0,85
	(SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3)
Faktor reduksi ( $\phi$ )	: 0,9
	(SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.7(a))
Tebal plat tangga (t)	: 150 mm
$d_x = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - (13 \text{ mm}/2)$	$= 118.5 \text{ mm}$
$d_y = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - (13 \text{ mm}/2)$	$= 105.5 \text{ mm}$



**Gambar 4.36 Perletakan Tangga Tipe 2**

Momen- Momen pada Pelat :

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{390 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2} = 18.353$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25\sqrt{f_c}}{f_y} = \frac{0,25\sqrt{25}}{390\text{N/mm}^2} = 0,00321$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \times 0,85 \times 25\text{N/mm}^2}{390\text{N/mm}^2} \left( \frac{600}{600 + 390\text{N/mm}^2} \right)$$

$$\rho_b = 0,0281$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0281 = 0,0211$$

- Output momen dari SAP 2000:

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 4.2.2. Momen dari aplikasi SAP 2000 dengan menggunakan kombinasi beban gravitasi dan beban gempa adalah sebagai berikut:

Kombinasi Beban	Momen arah X	Momen Arah Y
1.4 D	479.98	1165.52
1.2D + 1.6 L	1183.62	3009.53
1.2D + 1.0EY + 0.3EX + L	517.28	2411.18
1.2D + 1.0EX + 0.3EY + L	859.33	1990.44
0.9D + 1.0EX + 0.3EY	273.83	484.12
0.9D + 1.0EY + 0.3EX	68.21	904.86

Dari tabel diatas diperoleh momen maksimum yaitu :

**Penulangan Tangga arah x :**

$$M_{11} = 1183.62 \text{ kgm}$$

$$M_u = 11836200 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{11836200 \text{ Nmm}}{0.9} = 13151333 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{13151333}{1000 \cdot 118.5^2} = 0.937$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 0.937)/390}) = 0.0025$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.0025 < 0.021 \text{ (TIDAK OK)}$$

Dipakai  $\rho_{min} = 0.0032$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \times = 0.0032 \times 1000 \times 118.5 \\ &= 379.81 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol jarak } S_{max} &< 2h = 2 \times 150 = 300 \text{ mm} \\ &\text{(SNI 2847:2013 pasal 7.6.4)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times \frac{1000}{200} \\ &= 663.33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &< \text{As pakai} \\ 379.81 \text{ mm}^2 &< 663.33 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)} \end{aligned}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D13-200

**Penulangan Tangga arah Y :**

$$M_{22} = 3009.53 \text{ kgm}$$

$$M_u = 30095300 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{30095300 \text{ Nmm}}{0.9} = 33439222 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot y^2} = \frac{33439222}{1000 \cdot 105.5^2} = 2.381$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \\ &\sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 2.381)/390}) = 0.0065 \end{aligned}$$

Cek syarat :

$$\begin{aligned} \rho_{min} &< \rho \text{ perlu} < \rho_{max} \\ 0.0032 &< 0.0065 < 0.021 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \times = 0.0065 \times 1000 \times 105.5 \\ &= 769.40 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol jarak } S_{max} &< 2h = 2 \times 150 = 300 \text{ mm} \\ &\text{(SNI 2847:2013 pasal 7.6.4)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times \frac{1000}{150} \\ &= 884.43 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

As perlu < As pakai

$769.40 \text{ mm}^2 < 884.43 \text{ mm}^2$  (AMAN)

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D13-150

### Data Perencanaan :

Tipe Pelat : Tipe 3

Panjang Datar Tangga 1 : 6.8 m

Panjang Datar Tangga 2 : 6.8 m

Tinggi Tangga 1 : 3.4 m

Tinggi Tangga 2 : 3.4 m

Panjang Bordes : 1.4 m

Mutu Beton ( $F_c'$ ) : 25 Mpa

Mutu Baja ( $F_y$ ) : 390 Mpa

$\emptyset$  tulangan lentur : 13 mm

Decking : 20 mm

b : 1000 mm

$\beta_1$  : 0,85

(SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3)

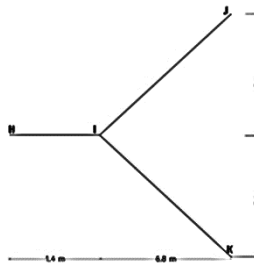
Faktor reduksi ( $\phi$ ) : 0,9

(SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.7(a))

Tebal plat tangga (t) : 150 mm

$d_x = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - (13 \text{ mm}/2) = 118.5 \text{ mm}$

$d_y = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - (13 \text{ mm}/2) = 105.5 \text{ mm}$



Gambar 4.37 Perletakan tangga Tipe 2

Momen- Momen pada Pelat :

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{390 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2} = 18.353$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} = \frac{0,25 \sqrt{25}}{390 \text{ N/mm}^2} = 0,00321$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \times 0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ N/mm}^2} \left( \frac{600}{600 + 390 \text{ N/mm}^2} \right)$$

$$\rho_b = 0,0281$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0281 = 0,0211$$

- Output momen dari SAP 2000:

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 4.2.2. Momen dari aplikasi SAP 2000 dengan menggunakan kombinasi beban gravitasi dan beban gempa adalah sebagai berikut:

Kombinasi Beban	Momen arah X	Momen Arah Y
1.4 D	166.76	1887.79
1.2D + 1.6 L	342.82	4061.9
2D + 1.0EY + 0.3EX + L	1644.69	3469.72
2D + 1.0EX + 0.3EY + L	3634.75	5209.18
0.9D + 1.0EX + 0.3EY	3754.94	3212.91
0.9D + 1.0EY + 0.3EX	1485.87	1473.46

Dari tabel diatas diperoleh momen maksimum yaitu :

**Penulangan Tangga arah x :**

$$M_{11} = 3634.75 \text{ kgm}$$

$$M_u = 36347500 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{36347500 \text{ Nmm}}{0.9} = 40386111 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{40386111}{1000 \cdot 118.5^2} = 2.876$$



$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot Rn)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2.18.353.2.876)/390}) = 0.008$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho \text{ perlu} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.008 < 0.021 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d_x = 0.008 \times 1000 \times 118.5 \\ &= 942.69 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol jarak } S_{\max} &< 2h = 2 \times 150 = 300 \text{ mm} \\ &\text{(SNI 2847:2013 pasal 7.6.4)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times \frac{1000}{125} \\ &= 1061.32 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\text{As perlu} < \text{As pakai}$$

$$942.69 \text{ mm}^2 < 1061.32 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D13-125

### **Penulangan Tangga arah Y :**

$$M_{22} = 5209.18 \text{ kgm}$$

$$M_u = 52091800 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{52091800 \text{ Nmm}}{0.9} = 57879778 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_y^2} = \frac{57879778}{1000 \cdot 105.5^2} = 5.2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot Rn)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2.18.353.5.2)/390}) = 0.0156$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho \text{ perlu} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.0156 < 0.021 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d_x = 0.0156 \times 1000 \times 105.5 \\ &= 1640.94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Kontrol jarak } S_{\max} < 2h = 2 \times 150 = 300 \text{ mm}$$

(SNI 2847:2013 pasal 7.6.4)

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\
 &= 0.25 \times 3.14 \times 16^2 \times \frac{1000}{100} \\
 &= 2009.60 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

As perlu < As pakai  
 $1640.94 \text{ mm}^2 < 2009.60 \text{ mm}^2$  (AMAN)  
 Jadi tulangan yang dipakai yaitu D16-100

### **Penulangan Tangga arah Y2 :**

Kombinasi Beban	Momen arah X	Momen Arah Y
1.4 D	166.76	1887.79
1.2D + 1.6 L + 0.5La	3185.69	8177.72
1.2D + 1.0EY + 0.3EX + L	1644.69	3469.72
1.2D + 1.0EX + 0.3EY + L	3634.75	5209.18
0.9D + 1.0EX + 0.3EY	3754.94	3212.91
0.9D + 1.0EY + 0.3EX	1485.87	1473.46

Dari tabel diatas diambil momen maksimum yaitu :

### **Penulangan Tangga arah Y2 :**

$$M_{22} = 8177.72 \text{ kgm}$$

$$M_u = 81777200 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{81777200 \text{ Nmm}}{0.9} = 90863556 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{90863556}{1000 \cdot 105.5^2} = 8.164$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 8.164)/390}) =$$

0.028

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.028 < 0.021 \text{ (TIDAK OK)}$$

$$\text{Maka dipakai } \rho_{\max} = 0.021$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.021 \times 1000 \times 105.5 \\ &= 2220.97 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol jarak } S_{\max} &< 2h &= 2 \times 150 = 300 \text{ mm} \\ & \text{(SNI 2847:2013 pasal 7.6.4)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 19^2 \times \frac{1000}{125} \\ &= 2267.08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\text{As perlu} < \text{As pakai}$$

$$2220.97 \text{ mm}^2 < 2267.08 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D19-125

### **Penulangan Tangga arah X2 :**

$$M_{11} = 3185.69 \text{ kgm}$$

$$M_u = 31856900 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{31856900 \text{ Nmm}}{0.9} = 35396556 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{35396556}{1000 \cdot 118.5^2} = 2.521$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 2.521)/390}) = 0.0069$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.0069 < 0.021 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0069 \times 1000 \times 118.5 \\ &= 817.69 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol jarak } S_{\max} &< 2h &= 2 \times 150 = 300 \text{ mm} \\ & \text{(SNI 2847:2013 pasal 7.6.4)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times \frac{1000}{125} \end{aligned}$$

$$= 1061.32 \text{ mm}^2$$

Cek Syarat :

As perlu < As pakai

$817.69 \text{ mm}^2 < 1061.32 \text{ mm}^2$  (AMAN)

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D13-125

### ➤ Tulangan Susut Pelat Tangga

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 420 dipakai  $\rho_{\text{susut}} = 0,0018$ .

*SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1 (b)*

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{susut}}} \text{ perlu} &= \rho_{\text{susut}} \times \text{tebal pelat} \times b \\ &= 0.0018 \times 150 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \\ &= 270 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$S_{\text{max}} \leq 5h \text{ atau } S_{\text{max}} \leq 450 \text{ mm}$$

*SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.2*

$$S_{\text{max}} \quad 2 \times 120 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan  $\emptyset 10$

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{S_{\text{susut}}}} = \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{270 \text{ mm}^2} \\ &= 291.005 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 291.005 \text{ mm} < S_{\text{max}} = 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai D10 – 200 mm

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \pi (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \\ &= 392.857 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{susut}}} = 270 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

### ➤ Penulangan Plat Bordes

#### • Beban Pelat Bordes Lantai 1-5

**Beban Mati :**

Berat sendiri pelat  $(0.15 \text{ cm} \times 2400 \text{ kg/m}^3) = 360 \text{ kg/m}^2$

Berat spesi 2 cm	= 42 kg/m <sup>2</sup>
Berat keramik ukuran 30 x 30 (brosur)	= 15 kg/m <sup>2</sup>
Berat pegangan	= 10 kg/m <sup>2</sup>
qD Tangga	= 427 kg/m <sup>2</sup>

• **Beban Hidup Pelat Bordes sesuai SNI 1727:2013**  
**tabel 4-1**

Beban hidup bordes = 479 kg/m<sup>2</sup>

**Beban Ultimate Bordes :**

$$q_u = 1.2D + 1.6L$$

$$q_u = 1.2(427) + 1.6(479)$$

$$q_u = 1278.8 \text{ kg/m}^2$$

**Data Perencanaan :**

Tipe pelat : Tipe 1

Panjang datar tangga : 2.85 m

Tinggi tangga : 2 m

Panjang Bordes : 2 m

Mutu Beton (Fc') : 25 Mpa

Mutu Baja (Fy) : 390 Mpa

Ø Tulangan Lentur : 13 mm

Decking : 20 mm

b : 1000 mm

β1 : 0,85

(SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3)

Faktor reduksi (ø) : 0,9

(SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.7(a))

Tebal plat bordes (t): 150 mm

$$d_x = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \left(\frac{13 \text{ mm}}{2}\right) = 118.5 \text{ mm}$$

$$d_y = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - \left(\frac{13 \text{ mm}}{2}\right) = 105.5 \text{ mm}$$

Momen- Momen pada Pelat :

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c} = \frac{390 \text{ N/mm}^2}{0.85 \times 25 \text{ N/mm}^2} = 18.353$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25\sqrt{f_c}}{f_y} = \frac{0,25\sqrt{25}}{390\text{N/mm}^2} = 0,00321$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \times 0,85 \times 25\text{N/mm}^2}{390\text{N/mm}^2} \left( \frac{600}{600 + 390\text{N/mm}^2} \right)$$

$$\rho_b = 0,0281$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0281 = 0,0211$$

- Output momen dari SAP 2000:

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 4.2.2. Momen dari aplikasi SAP 2000 dengan menggunakan kombinasi beban gravitasi dan beban gempa adalah sebagai berikut:

Kombinasi Beban	Momen arah X	Momen Arah Y
1.4 D	113.55	44.77
1.2D + 1.6 L	227.86	136.22
1.2D + 1.0EY + 0.3EX + L	2561.13	295.23
1.2D + 1.0EX + 0.3EY + L	1757.64	391.22
0.9D + 1.0EX + 0.3EY	1014.28	245.2
<b>0.9D + 1.0EY + 0.3EX</b>	<b>3304.49</b>	149.21

Dari tabel diatas diperoleh momen maksimum yaitu :

**Penulangan Bordes arah x :**

$$M_{11} = 3304.49 \text{ kgm}$$

$$M_u = 33044900 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{33044900 \text{ Nmm}}{0.9} = 36716556 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{36716556}{1000 \cdot 118.5^2} = 2.615$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 2.615)/390}) = 0.0072$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.0072 < 0.021 \text{ (OK)}$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d_x = 0.0072 \times 1000 \times 118.5$$

$$= 850.49 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol jarak } S_{\max} < 2h = 2 \times 150 = 300 \text{ mm}$$

*(SNI 2847:2013 pasal 7.6.4)*

$$\text{As pakai} = 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s}$$

$$= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times \frac{1000}{150}$$

$$= 884.43 \text{ mm}^2$$

Cek Syarat :

$$\text{As perlu} < \text{As pakai}$$

$$850.49 \text{ mm}^2 < 884.43 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D13-150

### **Penulangan Bordes arah Y :**

$$M_{22} = 149.21 \text{ kgm}$$

$$M_u = 1492100 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{1492100 \text{ Nmm}}{0.9} = 1657889 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot y^2} = \frac{1657889}{1000 \cdot 105.5^2} = 0.149$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 0.149)/390}) = 0.0004$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho \text{ perlu} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.0004 < 0.021 \text{ (OK)}$$

$$\text{Maka diperbesar } 30\%, \rho \text{ perlu} = 1.3 \times 0.0004 = 0.0005.$$

$$\text{dipakai } \rho_{\min} = 0.0032$$

$$\text{As perlu} = \rho \times b \times d \times x = 0.0032 \times 1000 \times 105.5$$

$$= 338.14 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol jarak } S_{\max} < 2h = 2 \times 150 = 300 \text{ mm}$$

*(SNI 2847:2013 pasal 7.6.4)*

$$\text{As pakai} = 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s}$$

$$= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times \frac{1000}{200}$$

$$= 663.33 \text{ mm}^2$$

Cek Syarat :

As perlu < As pakai

$338.14 \text{ mm}^2 < 663.33 \text{ mm}^2$  (AMAN)

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D13-200

**Penulangan Bordes arah Y :**

Kombinasi Beban	Momen arah X	Momen Arah Y
1.4 D	113.55	44.77
1.2D + 1.6 L	227.86	136.22
<b>1.2D + 1.0EY+ 0.3EX+ L</b>	3125.59	<b>3309.49</b>
1.2D + 1.0EX+ 0.3EY+ L	2397.89	1999.58
0.9D + 1.0EX+ 0.3EY	1014.28	245.2
0.9D + 1.0EY+ 0.3EX	3304.49	149.21

Dari tabel diatas diambil momen maksimum yaitu :

**Penulangan Bordes arah Y2 :**

$$M_{22} = 3309.49 \text{ kgm}$$

$$M_u = 33094900 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{33094900 \text{ Nmm}}{0.9} = 36772111 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d x^2} = \frac{36772111}{1000 \cdot 105.5^2} = 3.304$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2.18.353.3.304)/390}) = 0.0093$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho \text{ perlu} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.0093 < 0.021 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d x \\ &= 0.0093 \times 1000 \times 105.5 \\ &= 976.69 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol jarak } S_{\max} &< 2h = 2 \times 150 = 300 \text{ mm} \\ &\quad \text{(SNI 2847:2013 pasal 7.6.4)} \end{aligned}$$

$$\text{As pakai} = 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s}$$



$$= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times \frac{1000}{125}$$

$$= 1061.32 \text{ mm}^2$$

Cek Syarat :

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &< \text{As pakai} \\ 976.69 \text{ mm}^2 &< 1061.32 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)} \end{aligned}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D13-125

**Penulangan Bordes arah X2 :**

$$M_{11} = 3125.59 \text{ kgm}$$

$$M_u = 33318300 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{33318300 \text{ Nmm}}{0.9} = 34728778 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d x^2} = \frac{34728778}{1000 \cdot 118.5^2} = 2.473$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 2.473)/390}) = 0.0068$$

Cek syarat :

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &< \rho \text{ perlu} &< \rho_{\max} \\ 0.0032 &< 0.0068 &< 0.021 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} = \rho \times b \times d x &= 0.0068 \times 1000 \times 118.5 \\ &= 801.17 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol jarak } S_{\max} < 2h &= 2 \times 150 = 300 \text{ mm} \\ &\text{(SNI 2847:2013 pasal 7.6.4)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times \frac{1000}{150} \\ &= 884.43 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &< \text{As pakai} \\ 801.17 \text{ mm}^2 &< 884.43 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)} \end{aligned}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D13-150

**Data perencanaan :**

Tipe Pelat : Tipe 1.1

Panjang Datar Tangga 1	: 4.25 m
Panjang Datar Tangga 2	: 4.85 m
Tinggi Tangga 1	: 2.2 m
Tinggi Tangga 2	: 2.6 m
Panjang Bordes	: 2 m
Mutu Beton ( $f_c'$ )	: 25 Mpa
Mutu Baja ( $f_y$ )	: 390 Mpa
Ø Tulangan Lentur	: 13 mm
Decking	: 20 mm
b	: 1000 mm
$\beta_1$	: 0,85
	(SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3)
Faktor reduksi ( $\phi$ )	: 0,9
	(SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.7(a))

Tebal plat bordes (t): 150 mm

$$d_x = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - (13 \text{ mm}/2) = 118.5 \text{ mm}$$

$$d_y = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - (13 \text{ mm}/2) = 105.5 \text{ mm}$$

Momen- Momen pada Pelat :

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{390 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2} = 18.353$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25 \sqrt{25}}{390 \text{ N/mm}^2} = 0,00321$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \times 0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ N/mm}^2} \left( \frac{600}{600 + 390 \text{ N/mm}^2} \right)$$

$$\rho_b = 0,0281$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0281 = 0,0211$$

- Output momen dari SAP 2000:

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 4.2.2. Momen dari aplikasi SAP 2000 dengan menggunakan kombinasi beban gravitasi dan beban gempa adalah sebagai berikut:

Kombinasi Beban	Momen arah X	Momen Arah Y
1.4 D	256.76	39.17
1.2D + 1.6 L	404.37	85.39
1.2D + 1.0EY + 0.3EX + L	3013.15	2427.52
1.2D + 1.0EX + 0.3EY + L	2040.74	737.97
<b>0.9D + 1.0EX + 0.3EY</b>	<b>3754.39</b>	1669.99
0.9D + 1.0EY + 0.3EX	3331.83	2597.72

Dari tabel diatas diperoleh momen maksimum yaitu :

**Penulangan Bordes arah x :**

$$M_{11} = 3754.39 \text{ kgm}$$

$$M_u = 37543900 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{37543900 \text{ Nmm}}{0.9} = 41715444 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{41715444}{1000 \cdot 118.5^2} = 2.971$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 2.971)/390}) = 0.0082$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho \text{ perlu} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.0082 < 0.021 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0082 \times 1000 \times 118.5 \\ &= 976.48 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol jarak } S_{\max} &< 2h = 2 \times 150 = 300 \text{ mm} \\ &\text{(SNI 2847:2013 pasal 7.6.4)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times \frac{1000}{125} \\ &= 1061.32 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\text{As perlu} < \text{As pakai}$$

$$976.48 \text{ mm}^2 < 1061.32 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D13-125

**Penulangan Bordes arah Y :**

$$M_{22} = 1669.99 \text{ kgm}$$

$$M_u = 16699900 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{16699900 \text{ Nmm}}{0.9} = 18555444 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot y^2} = \frac{18555444}{1000 \cdot 105.5^2} = 1.667$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 1.667)/390}) = 0.0045$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.0045 < 0.021 \text{ (OK)}$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d = 0.0045 \times 1000 \times 105.5$$

$$= 470.21 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol jarak } S_{\max} < 2h = 2 \times 150 = 300 \text{ mm}$$

(SNI 2847:2013 pasal 7.6.4)

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times \frac{1000}{200} \\ &= 663.33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai}$$

$$470.21 \text{ mm}^2 < 663.33 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D13-200

**Penulangan Bordes arah Y :**

Kombinasi Beban	Momen arah X	Momen Arah Y
1.4 D	256.76	39.17
1.2D + 1.6 L	404.37	85.39
2D + 1.0EY + 0.3EX + L	3013.15	2427.52
2D + 1.0EX + 0.3EY + L	2040.74	737.97
0.9D + 1.0EX + 0.3EY	3754.39	1669.99

$0.9D + 1.0EY + 0.3EX$	3331.83	2597.72
------------------------	---------	---------

Dari tabel diatas diambil momen maksimum yaitu :

**Penulangan Bordes arah Y2 :**

$$M_{22} = 2597.72 \text{ kgm}$$

$$M_u = 25977200 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{25977200 \text{ Nmm}}{0.9} = 28863556 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d x^2} = \frac{28863556}{1000 \cdot 105.5^2} = 2.593$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 2.593)/390}) = 0.0071$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho \text{ perlu} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.0071 < 0.021 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} = \rho \times b \times d x &= 0.0093 \times 1000 \times 105.5 \\ &= 750.50 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol jarak } S_{\max} < 2h &= 2 \times 150 = 300 \text{ mm} \\ &\text{(SNI 2847:2013 pasal 7.6.4)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times \frac{1000}{150} \\ &= 884.43 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\text{As perlu} < \text{As pakai}$$

$$750.50 \text{ mm}^2 < 884.43 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D13-150

**Penulangan Bordes arah X2 :**

$$M_{11} = 3331.83 \text{ kgm}$$

$$M_u = 33318300 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{33318300 \text{ Nmm}}{0.9} = 37020333 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d x^2} = \frac{37020333}{1000 \cdot 118.5^2} = 2.636$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2.18.353.2.636)/390}) = 0.0072$$

Cek syarat :

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &< \rho \text{ perlu} &< \rho_{\max} \\ 0.0032 &< 0.0072 &< 0.021 \text{ (OK)} \\ \text{As perlu} = \rho \times b \times d &= 0.0072 \times 1000 \times 118.5 \\ &= 858.06 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol jarak } S_{\max} &< 2h = 2 \times 150 = 300 \text{ mm} \\ &\text{(SNI 2847:2013 pasal 7.6.4)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times \frac{1000}{150} \\ &= 884.43 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &< \text{As pakai} \\ 858.06 \text{ mm}^2 &< 884.43 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)} \\ \text{Jadi tulangan yang dipakai yaitu D13-150} \end{aligned}$$

### ➤ Tulangan Susut Pelat Bordes Tipe 1 Arah X

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 420 dipakai  $\rho_{\text{susut}} = 0,0018$ .

*SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1 (b)*

$$\begin{aligned} \text{As}_{\text{susut}} \text{ perlu} &= \rho_{\text{susut}} \times \text{tebal pelat} \times b \\ &= 0.0018 \times 150 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \\ &= 270 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\max} &\leq 5h \text{ atau } S_{\max} \leq 450 \text{ mm} \\ &\text{SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.2} \end{aligned}$$

$$S_{\max} \quad 2 \times 120 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan D10

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{\text{s susut}}} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{270 \text{ mm}^2} \\ &= 291.005 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 291.005 \text{ mm} < S_{\max} = 600 \text{ mm}$$

$S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai D10 – 200 mm

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \pi (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}}$$

$$= 392.857 \text{ mm}^2 > A_s \text{ susut} = 270 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

**Tabel 4.22 Rekap Hasil Perhitungan Plat Tangga Tipe 1**

Tipe	Arah X		Arah Y		Arah X2		Arah Y2		Susut (X1 dan X2)	
	D	s	D	s	D	s	D	s	D	s
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Plat Bordes 1	13	150	13	200	13	150	13	125	10	200
Plat Bordes 1.1	13	125	13	200	13	150	13	150	10	200

Berdasarkan hasil rekapitulasi bordes diatas, maka diambil tulangan bordes sebesar, arah X : 13-125 dan arah Y = 13-125

**Data Perencanaan :**

Tipe Pelat : Tipe 2  
 Panjang Datar Tangga 1 : 4.85 m  
 Panjang datar tangga 2 : 4.85 m  
 Tinggi Tangga 1 : 2.2 m  
 Tinggi Tangga 2 : 2.6 m  
 Panjang Bordes : 2 m  
 Mutu Beton ( $f_c'$ ) : 25 Mpa  
 Mutu Baja ( $f_y$ ) : 390 Mpa

Ø Tulangan Lentur : 13 mm  
 Decking : 20 mm  
 b : 1000 mm  
 $\beta_1$  : 0,85  
 (SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3)  
 Faktor reduksi ( $\phi$ ) : 0,9  
 (SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.7(a))

Tebal plat bordes (t): 150 mm

$$d_x = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - (13 \text{ mm}/2) = 118.5 \text{ mm}$$

$$d_y = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - (13 \text{ mm}/2) = 105.5 \text{ mm}$$

Momen- Momen pada Pelat :

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{390 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2} = 18.353$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} = \frac{0,25 \sqrt{25}}{390 \text{ N/mm}^2} = 0,00321$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \times 0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ N/mm}^2} \left( \frac{600}{600 + 390 \text{ N/mm}^2} \right)$$

$$\rho_b = 0,0281$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0281 = 0,0211$$

- Output momen dari SAP 2000:

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 4.2.2. Momen dari aplikasi SAP 2000 dengan menggunakan kombinasi beban gravitasi dan beban gempa adalah sebagai berikut:

Kombinasi Beban	Momen arah X	Momen Arah Y
1.4 D	573.98	302.25
1.2D + 1.6 L	909.83	453.34
1.2D + 1.0EY + 0.3EX + L	1776.92	1855.59
1.2D + 1.0EX + 0.3EY + L	2034.44	1004.21
<b>0.9D + 1.0EX + 0.3EY</b>	<b>2418.59</b>	1190.4
0.9D + 1.0EY + 0.3EX	2161.07	2041.77



Dari tabel diatas diperoleh momen maksimum yaitu :

**Penulangan Bordes arah x :**

$$M_{11} = 2418.59 \text{ kgm}$$

$$M_u = 24185900 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{24185900 \text{ Nmm}}{0.9} = 26873222 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d x^2} = \frac{26873222}{1000 \cdot 118.5^2} = 1.914$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 1.914)/390}) = 0.0052$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho \text{ perlu} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.0052 < 0.021 \text{ (OK)}$$

$$\text{As perlu} = \rho \times b \times d x = 0.0052 \times 1000 \times 118.5$$

$$= 610.33 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol jarak } S_{\max} < 2h = 2 \times 150 = 300 \text{ mm}$$

(SNI 2847:2013 pasal 7.6.4)

$$\text{As pakai} = 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s}$$

$$= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times \frac{1000}{200}$$

$$= 663.33 \text{ mm}^2$$

Cek Syarat :

$$\text{As perlu} < \text{As pakai}$$

$$610.33 \text{ mm}^2 < 663.33 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D13-200

**Penulangan Bordes arah Y :**

$$M_{22} = 1190.4 \text{ kgm}$$

$$M_u = 11904000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{11904000 \text{ Nmm}}{0.9} = 13226667 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d y^2} = \frac{13226667}{1000 \cdot 105.5^2} = 0.942$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2.18.353.0.942)/390}) = 0.0025$$

Cek syarat :

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &< \rho \text{ perlu} &< \rho_{\max} \\ 0.0032 &< 0.0025 &< 0.021 \text{ (TIDAK OK)} \end{aligned}$$

Maka dipakai  $\rho_{\min} = 0.0032$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} = \rho \times b \times d &= 0.0032 \times 1000 \times 105.5 \\ &= 379.81 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol jarak } S_{\max} < 2h &= 2 \times 150 = 300 \text{ mm} \\ &\text{(SNI 2847:2013 pasal 7.6.4)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times \frac{1000}{200} \\ &= 663.33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &< \text{As pakai} \\ 379.81 \text{ mm}^2 &< 663.33 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)} \end{aligned}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D13-200

### **Penulangan Bordes arah Y2 :**

Kombinasi Beban	Momen arah X	Momen Arah Y
1.4 D	738.65	285.43
1.2D + 1.6 L	1176.76	473.04
<b>1.2D + 1.0EY + 0.3EX + L</b>	1744.43	<b>2026.38</b>
1.2D + 1.0EX + 0.3EY + L	75.34	299.05
0.9D + 1.0EX + 0.3EY	110.83	232.11
0.9D + 1.0EY + 0.3EX	1246.38	1822.48

Dari tabel diatas diambil momen maksimum yaitu :

### **Penulangan Bordes arah Y2 :**

$$M_{22} = 2026.38 \text{ kgm}$$

$$M_u = 20263800 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{20263800 \text{ Nmm}}{0.9} = 22515333 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d x^2} = \frac{22515333}{1000 \cdot 105.5^2} = 1.603$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 1.603)/390}) = 0.0043$$

Cek syarat :

$$\begin{array}{lll} \rho_{\min} & < \rho \text{ perlu} & < \rho_{\max} \\ 0.0032 & < 0.0043 & < 0.021 \text{ (OK)} \end{array}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d x \\ &= 0.0043 \times 1000 \times 105.5 \\ &= 507.1 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol jarak } S_{\max} &< 2h = 2 \times 150 = 300 \text{ mm} \\ &\quad \text{(SNI 2847:2013 pasal 7.6.4)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times \frac{1000}{200} \\ &= 663.33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\begin{array}{ll} \text{As perlu} & < \text{As pakai} \\ 507.1 \text{ mm}^2 & < 663.33 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)} \end{array}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D13-200

### **Penulangan Bordes arah X2 :**

$$M_{11} = 1744.43 \text{ kgm}$$

$$M_u = 17444300 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{17444300 \text{ Nmm}}{0.9} = 19382556 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d x^2} = \frac{19382556}{1000 \cdot 118.5^2} = 1.380$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 1.380)/390}) = 0.0037$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho \text{ perlu} < \rho_{\max}$$

$$\begin{aligned}
 0.0032 &< 0.0037 &< 0.021 \text{ (OK)} \\
 \text{As perlu} &= \rho \times b \times dx &= 0.0037 \times 1000 \times 118.5 \\
 &&= 433.98 \text{ mm}^2 \\
 \text{Kontrol jarak } S_{\max} &< 2h &= 2 \times 150 = 300 \text{ mm} \\
 &&\text{(SNI 2847:2013 pasal 7.6.4)} \\
 \text{As pakai} &&= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\
 &&= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times \frac{1000}{200} \\
 &&= 663.33 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &< \text{As pakai} \\
 433.98 \text{ mm}^2 &< 663.33 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)} \\
 \text{Jadi tulangan yang dipakai yaitu D13-200}
 \end{aligned}$$

➤ **Tulangan Susut Pelat Bordes Tipe 2 Arah X**

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 420 dipakai  $\rho_{\text{susut}} = 0,0018$ .  
*SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1 (b)*

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{susut}}} \text{ perlu} &= \rho_{\text{susut}} \times \text{tebal pelat} \times b \\
 &= 0.0018 \times 150 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \\
 &= 270 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$S_{\max} \leq 5h \text{ atau } S_{\max} \leq 450 \text{ mm}$$

*SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.2*

$$S_{\max} \quad 2 \times 120 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan D10

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{S_{\text{susut}}}} = \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{270 \text{ mm}^2} \\
 &= 291.005 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S = 291.005 \text{ mm} < S_{\max} = 600 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 200 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai D10 – 200 mm

$$A_{S \text{ pakai}} = \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\frac{1}{4} \pi (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \\
 &= 392.857 \text{ mm}^2 > A_s \text{ susut} = 270 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

### Data Perencanaan :

Tipe Pelat	: Tipe 3
Panjang Datar Tangga 1	: 6.8 m
Panjang Datar Tangga 2	: 6.8 m
Tinggi Tangga 1	: 3.4 m
Tinggi Tangga 2	: 3.4 m
Panjang Bordes	: 1.4 m
Mutu Beton ( $f_c'$ )	: 25 Mpa
Mutu Baja ( $f_y$ )	: 390 Mpa
Ø Tulangan Lentur	: 13 mm
Decking	: 20 mm
b	: 1000 mm
$\beta_1$	: 0,85
	(SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3)
Faktor Reduksi ( $\phi$ )	: 0,9
	(SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.7(a))

Tebal plat bordes (t): 150 mm

$$d_x = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - (13 \text{ mm}/2) = 118.5 \text{ mm}$$

$$d_y = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - (13 \text{ mm}/2) = 105.5 \text{ mm}$$

Momen- Momen pada Pelat :

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{390 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2} = 18.353$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} = \frac{0,25 \sqrt{25}}{390 \text{ N/mm}^2} = 0,00321$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \times 0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2}{390 \text{ N/mm}^2} \left( \frac{600}{600 + 390 \text{ N/mm}^2} \right)$$

$$\rho_b = 0,0281$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0281 = 0,0211$$

- Output momen dari SAP 2000:

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 4.2.2. Momen dari aplikasi SAP 2000 dengan menggunakan kombinasi beban gravitasi dan beban gempa adalah sebagai berikut:

Kombinasi Beban	Momen arah X	Momen Arah Y
1.4 D	239.82	334.64
1.2D + 1.6 L	182.35	398.1
2D + 1.0EY + 0.3EX + L	2461.59	4367.26
2D + 1.0EX + 0.3EY + L	5741.75	4910.25
0.9D + 1.0EX + 0.3EY	3754.39	1669.99
0.9D + 1.0EY + 0.3EX	3331.83	2597.72

Dari tabel diatas diperoleh momen maksimum yaitu :

### Penulangan Bordes arah x :

$$M_{11} = 5741.75 \text{ kgm}$$

$$M_u = 57417500 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{57417500 \text{ Nmm}}{0.9} = 63797222 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{63797222}{1000 \cdot 118.5^2} = 4.543$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{(2m \cdot R_n)}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{(2 \cdot 18.353 \cdot 4.543)}{390}} \right) = 0.0133$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.0133 < 0.021 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot x \cdot d \\ &= 0.0133 \times 1000 \times 118.5 \\ &= 1571.75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Kontrol jarak } S_{\max} < 2h = 2 \times 150 = 300 \text{ mm}$$

(SNI 2847:2013 pasal 7.6.4)

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\
 &= 0.25 \times 3.14 \times 16^2 \times \frac{1000}{125} \\
 &= 1607.68 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &< \text{As pakai} \\
 1571.75 \text{ mm}^2 &< 1607.68 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}
 \end{aligned}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D16-125

### **Penulangan Bordes arah Y :**

$$M_{22} = 4910.25 \text{ kgm}$$

$$M_u = 49102500 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{49102500 \text{ Nmm}}{0.9} = 54558333 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot y^2} = \frac{54558333}{1000 \cdot 105.5^2} = 4.902$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2.18.353.4.902)/390}) = 0.0145$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.0145 < 0.021 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} = \rho \times b \times d &= 0.0145 \times 1000 \times 105.5 \\
 &= 1529.48 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kontrol jarak } S_{\max} < 2h &= 2 \times 150 = 300 \text{ mm} \\
 &\text{(SNI 2847:2013 pasal 7.6.4)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\
 &= 0.25 \times 3.14 \times 16^2 \times \frac{1000}{125} \\
 &= 1607.68 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &< \text{As pakai} \\
 1529.48 \text{ mm}^2 &< 1607.68 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}
 \end{aligned}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D16-125

**Penulangan Bordes arah Y2 :**

Kombinasi Beban	Momen arah X	Momen Arah Y
1.4 D	239.82	334.64
1.2D + 1.6 L	182.35	398.1
2D + 1.0EY + 0.3EX + L	2349.46	2911.86
2D + 1.0EX + 0.3EY + L	4478.22	6754.54
<b>0.9D + 1.0EX + 0.3EY</b>	3789.3	<b>6839.1</b>
0.9D + 1.0EY + 0.3EX	1660.54	2996.42

Dari tabel diatas diambil momen maksimum yaitu :

**Penulangan Bordes arah Y2 :**

$$M_{22} = 6839.1 \text{ kgm}$$

$$M_u = 68391000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{68391000 \text{ Nmm}}{0.9} = 75990000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{75990000}{1000 \cdot 105.5^2} = 6.827$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 6.827)/390}) = 0.02$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.02 < 0.021 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \times x \\ &= 0.02 \times 1000 \times 105.5 \\ &= 2220.97 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol jarak } S_{\max} &< 2h = 2 \times 150 = 300 \text{ mm} \\ &(\text{SNI 2847:2013 pasal 7.6.4}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 19^2 \times \frac{1000}{125} \\ &= 2267.08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai}$$

$$2220.97 \text{ mm}^2 < 2267.08 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D19-125



**Penulangan Bordes arah X2 :**

$$M_{11} = 3789.3 \text{ kgm}$$

$$M_u = 37893000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{37893000 \text{ Nmm}}{0.9} = 42103333 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d x^2} = \frac{42103333}{1000 \cdot 118.5^2} = 2.998$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y})$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \cdot (1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 18.353 \cdot 2.998)/390}) = 0.0083$$

Cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0.0032 < 0.0083 < 0.021 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} = \rho \times b \times d x &= 0.0083 \times 1000 \times 118.5 \\ &= 986.37 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol jarak } S_{\max} < 2h &= 2 \times 150 = 300 \text{ mm} \\ &\text{(SNI 2847:2013 pasal 7.6.4)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 0.25 \times \pi \times d \times \frac{b}{s} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times \frac{1000}{125} \\ &= 1061.32 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$\text{As perlu} < \text{As pakai}$$

$$986.37 \text{ mm}^2 < 1061.32 \text{ mm}^2 \text{ (AMAN)}$$

Jadi tulangan yang dipakai yaitu D13-125

**➤ Tulangan Susut Pelat Bordes Tipe 3 Arah X**

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 420 dipakai  $\rho_{\text{susut}} = 0,0018$ .

*SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1 (b)*

$$\begin{aligned} \text{As}_{\text{susut}} \text{ perlu} &= \rho_{\text{susut}} \times \text{tebal pelat} \times b \\ &= 0.0018 \times 150 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \\ &= 270 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$S_{\max} \leq 5h \text{ atau } S_{\max} \leq 450 \text{ mm}$$

*SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.2*

$S_{\max} \quad 2 \times 120\text{mm} = 600 \text{ mm}$   
Dipakai tulangan Ø10  
 $S = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{s \text{ susut}}} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{270 \text{ mm}^2}$   
 $= 291.005 \text{ mm}$   
 $S = 291.005 \text{ mm} < S_{\max} = 600 \text{ mm}$   
 $S \text{ pakai} = 200 \text{ mm}$   
Tulangan yang dipakai Ø10 – 200 mm  
 $A_{s \text{ pakai}} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}}$   
 $= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}}$   
 $= 392.857 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ susut}} = 270 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$

Tabel 4.23 Rekap Hasil Perhitungan Plat Tangga

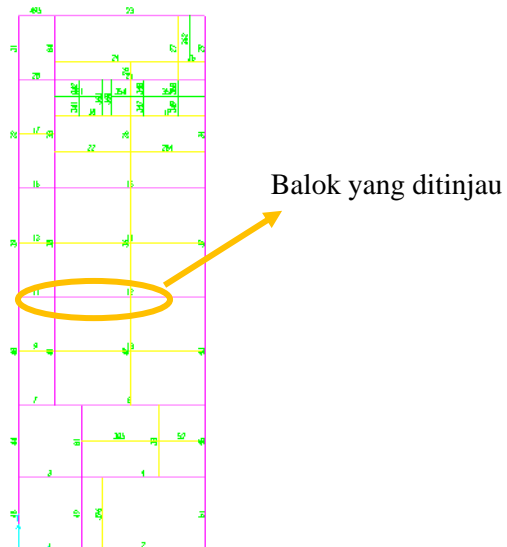
Tipe	Arah X		Arah Y		Susut X		Susut Y	
	D	S	D	S	D	S	D	S
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Plat tangga 1	13	125	13	125	10	200	10	200
Plat tangga 2	13	150	13	150	10	200	10	200
Plat tangga 3	19	125	19	125	10	200	10	200
Plat Bordes 1	13	125	13	125	10	200		

Plat Bordes 2	13	200	13	200	10	200		
Plat Bordes 3	19	125	19	125	10	200		

#### 4.4.2. Penulangan Struktur Primer

##### 4.4.2.1. Perhitungan Tulangan Balok Induk

Berikut data-data perencanaan balok, gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000, ketentuan perhitungan penulangan balok dengan metode SRPMM, perhitungan serta hasil akhir gambar penampang balok adalah sebagai berikut:



**Gambar 4.38 Denah Penulangan Balok Induk (B1)**

➤ **Data perencanaan**

Tipe balok	: B1
AS balok yang di tinjau	: D 1-2'
Bentang balok	: 10500 mm
Dimensi Balok (b balok)	: 450 mm
Dimensi Balok (h balok)	: 700 mm
kuat tekan Beton ( $f_c'$ )	: 25 N/mm <sup>2</sup>
Kuat Leleh Tul. Lentur ( $f_y$ )	: 390 N/mm <sup>2</sup>
Kuat Leleh Tul. Geser ( $f_{yt}$ )	: 240 N/mm <sup>2</sup>
Diameter Tulangan Lentur	: D 22
Diameter Tulangan Geser	: $\emptyset$ 10
Diameter Tulangan Puntir	: $\emptyset$ 16
Tebal selimut beton (t decking)	: 40 mm
<b>(SNI 2847:2013, Pasal 10.2.7.(1))</b>	
Jarak spasi tulangan sejajar	: 25 mm
<b>(SNI 2847:2013, Pasal 7.6.1)</b>	
Jarak spasi tulangan antar lapis	: 25 mm
<b>(SNI 2847:2013, Pasal 7.6.1)</b>	
Faktor $\beta_1$	: 0,85
<b>(SNI 2847:2013, Pasal 10.2.7 (3))</b>	
Faktor reduksi kekuatan lentur ( $\phi$ )	: 0,8
<b>(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(1))</b>	
Faktor reduksi kekuatan geser ( $\phi$ )	: 0,75
<b>(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3))</b>	
Faktor reduksi kekuatan puntir ( $\phi$ )	: 0,75
<b>(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3))</b>	

Maka perhitungan tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul lentur} \\
 &= 700 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} 22 \text{ mm} \\
 &= 639 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= \text{decking} + \emptyset \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul lentur} \\
 &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \frac{1}{2} 22 \text{ mm} \\
 &= 61 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### ➤ Perhitungan Tulangan balok Induk

Dalam perhitungan balok didapatkan gaya dalam dan diagram gaya dari analisa program SAP 2000 yang memodelkan stuktur bangunan yang ditinjau. Pada hasil output analisa SAP 2000 digunakan data yang menunjukkan analisa gaya terbesar dari semua frame balok pada stuktur bangunan, sehingga didapatkan pada frame 12 pemodelan SAP 2000 dengan kombinasi pembebanan  $1.2D + 1.0Ex + 0.3Ey + 1L$  dan berikut adalah hasil output analisa dari program SAP 2000 :

#### Hasil Output Torsi

Kombinasi :  $1.2D + 1.0Ey + 0.3Ex + 1L$

Momen Puntir : 24831587.8 Nmm

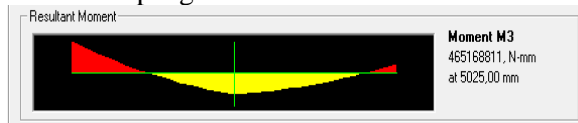


**Gambar 4.39. Hasil sap output gaya torsi B1**

#### Hasil Output Momen Lentur

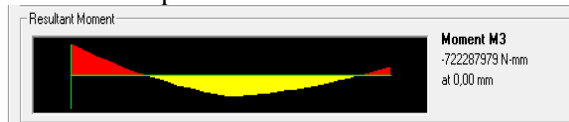
Kombinasi :  $1.2D + 1.0Ey + 0.3Ex + 1L$

Momen Lapangan : 465168811 Nmm



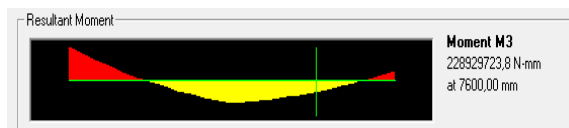
**Gambar 4.40 Hasil sap output gaya momen lapangan (B1)**

Momen Tumpuan Kiri : 722287979 Nmm



**Gambar 4.41 Hasil sap output gaya tumpuan kiri (B1)**

Momen Tumpuan Kanan : 228929723.8 Nmm



**Gambar 4.42 Hasil sap output gaya tumpuan kanan**

Momen Gaya Aksial : 57664.78 Nmm



**Gambar 4.43 Hasil sap output gaya aksial (B1)**

Momen Gaya Geser : 338267.14 Nmm



**Gambar 4.44 Hasil sap output gaya geser (B1)**

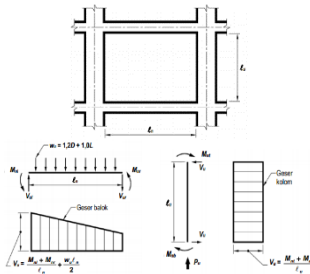
**Periksa syarat gaya aksial pada balok :**

Balok harus memenuhi definisi komponen struktur lentur. Detail penulangan SRPMM harus memenuhi ketentuan-ketentuan SNI 03-2847-2013 pasal 21.3(2), bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak melebihi

$$\begin{aligned} 0.1.A_g.F_c' &= 0.1.(700.450).25 \\ &= 78750 \text{ N} \end{aligned}$$

Berdasarkan analisa struktur SAP 2000, gaya aksial tekan akibat kombinasi  $1.2D + 1.0E_y + 0.3E_x + 1L$  pada komponen struktur sebesar **57664.78 N < 78750 N**

Berdasarkan SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3 mengenai Ketentuan perhitungan penulangan balok dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).



**Gambar 4.45 Gaya Lintang Rencana Kmpnen Balok Pada SRPMM**

❖ **Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap geser, lentur dan puntir.**

Ukuran balok yang dipakai 45cm x 70 cm

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang Beton :

$$\begin{aligned} A_{cp} &= B \text{ balok} \times H \text{ Balok} \\ &= 450 \text{ mm} \times 700 \text{ mm} \\ &= 315000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Perimeter luar irisan penampang beton  $A_{cp}$  :

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b \text{ balok} + h \text{ balok}) \\ &= 2 \times (450 + 700) \\ &= 2300 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas penampang dibatasi AS tulangan sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - 2 \Phi_{geser}) \times (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - 2 \Phi_{geser}) \\ &= 350 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} \\ &= 210000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi AS tulangan sengkang

$$P_{oh} = 2 \times [(b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - 2 \Phi_{geser}) + (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - 2 \Phi_{geser})]$$

$$\begin{aligned}
 & - 2.t_{\text{decking}} - 2\Phi_{\text{geser}}] \\
 & = 2 \times 950 \text{ mm} \\
 & = 1900 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

➤ **Perhitungan Tulangan Puntir :**

Berdasarkan hasil output diagram torsi pada SAP diperoleh momen puntir terbesar :

Momen Puntir Ultimate

$$\begin{aligned}
 \text{Akibat kombinasi} & : 1.2D + 1.0E_y + 0.3E_x + 1L \\
 T_u & = 24831587.8 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Momen Puntir Nominal

$$T_n \geq \frac{T_u}{\phi} \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.5})$$

$$T_n = \frac{24831587.8 \text{ Nmm}}{0.75} = 33108784 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor  $T_u$  besarnya kurang dari beberapa kondisi

$$\begin{aligned}
 T_{u_{\min}} & = \phi 0,083 \lambda \sqrt{f_c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 T_{u_{\min}} & = 0.75 \cdot 0.083 \times \sqrt{25} \times \left( \frac{315000^2}{2300} \right) \\
 T_{u_{\min}} & = 13427730.98 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimum  $T_u$  diambil sebesar

$$\begin{aligned}
 T_{u_{\max}} & = \phi 0,33 \lambda \sqrt{f_c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 T_{u_{\max}} & = 0.75 \cdot 0.33 \times \sqrt{25} \times \left( \frac{315000^2}{2300} \right) \\
 T_{u_{\max}} & = 53387364.13 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Cek Pengaruh Puntir :

$$T_u > T_{u_{\min}}$$

$$\begin{aligned}
 24831587.8 \text{ Nmm} & > 13427730.98 \text{ Nmm} \\
 & (\text{Perlu tulangan Puntir})
 \end{aligned}$$



*Jadi, penampang balok memerlukan penulangan puntir berupa tulangan memanjang.*

#### ❖ **Tulangan Puntir untuk lentur**

Tulangan longitudinal tambahan untuk menahan puntir diatur pada (SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.7) direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$A_l = \frac{A_t}{s} p_h \frac{f_{yt}}{f_y} \cot^2 \emptyset$$

Dengan  $\frac{A_t}{s}$  dihitung sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6 berasal dari persamaan di bawah :

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt}}{s} \cot \emptyset$$

Untuk beton non prategang  $\emptyset = 45^\circ$

$$\begin{aligned} \text{Dimana, } A_o &= 0,85 \times A_{oh} \\ &= 0,85 \times 210000 \\ &= 178500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_{oh} \times F_{yt} \times \cot \emptyset}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{33108783.73 \text{ Nmm}}{2 \times 21000 \times 240 \times \cot 45}$$

$$\frac{A_t}{s} = 0.53203 \text{ mm}$$

Sehingga tulangan puntir untuk lentur :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times P_{oh} \times \left( \frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \emptyset$$

$$A_l = 0.532 \times 1900 \text{ mm} \times \left( \frac{240 \text{ Mpa}}{390 \text{ Mpa}} \right) \times \cot^2 45$$

$$A_l = 385.285 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 03:2847:2013 pasal 11.5.5.3 tulangan torsi longitudinal minimum harus diambil dengan ketentuan:

$$\frac{A_t}{s} \geq \frac{0,175 \times B_w}{F_{yt}}$$

$$0.532 \geq 0.328 \Rightarrow \text{maka } A_t/s \text{ diambil} = 0.532$$

Maka nilai  $A_{l\min}$ :

$$A_{l\min} = \frac{0,42 \sqrt{f_c'} A_{cp}}{f_y} - \left( \frac{A_t}{s} \right) P_h \frac{f_{yt}}{f_y}$$

$$A_{l\min} = 1696.15 \text{ mm}^2 - 622.07 \text{ mm}^2$$

$$A_{l\min} = 1074.09 \text{ mm}^2$$

Kontrol penggunaan  $A_l$  dengan 2 kondisi yaitu :

$A_l \text{ perlu} \leq A_{l\min} \Rightarrow \text{digunakan } A_{l\min}$

$A_l \text{ perlu} \geq A_{l\min} \Rightarrow \text{digunakan } A_l \text{ perlu}$

*Sehingga :*

$$A_l \text{ perlu} \leq A_{l\min}$$

$$385.285 \text{ mm}^2 \leq 1074.09 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan  $A_l$  sebesar  $A_l \text{ perlu} = 1074.09 \text{ mm}^2$

Luasan tulangan puntir dibagikan ke 4 sisi pada penampang balok :

$$A_l/4 = 1074.09/4 = 268.52 \text{ mm}^2$$

Penyebaran tulangan puntir dibagikan pada setiap sisi penampang balok :

Pada sisi atas : disalurkan pada tul. Tarik balok  
 Pada sisi bawah : disalurkan pada tul. Tekan balok

Direncanakan tulangan diameter 16, maka jumlah tulangan puntir :

$$n = \frac{A_l}{A_{Tul}}$$

$$n = \frac{268.522}{200.96}$$

$$n = 1.336 \approx 2 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} A_l \text{ pasang} &= n \times \text{luasan tul. Puntir} \\ &= 2 \times 200.96 = 401.92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol : } A_s \text{ pasang} &> A_s \text{ Perlu} \\ 401.92 \text{ mm}^2 &> 268.52 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

*Maka tulangan puntir yang digunakan : **2 D 16***

#### ➤ **Perhitungan Tulangan Lentur**

Garis netral dalam kondisi balance :

$$X_b = \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \times d$$

$$X_b = 387.3 \text{ mm}$$

Garis Netral Maksimum :

$$X_{\max} = 0.75 \times X_b = 290.5 \text{ mm}$$

Garis Netral Minimum :

$$X_{\min} = d' = 61 \text{ mm}$$

Garis netral rencana :

$$X_{\text{rencana}} = 150 \text{ mm}$$

Komponen beton tertekan :

$$\begin{aligned} C_c' &= 0.85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}} \\ &= 0.85 \times 25 \times 450 \times 0.8 \times 150 \end{aligned}$$

$$= 1147500 \text{ N}$$

Luas tulangan Tarik :

$$A_{sc} = C_c' / f_y = 2942.308 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left( d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \\ &= 664402500 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0.85 \times 0.85 \times 25}{390} \times \frac{600}{600 + 390} \\ &= 0.0281 \end{aligned}$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times \rho_b = 0.021$$

$$\rho_{min} = 1.4/390 = 0.00359$$

**Daerah Tumpuan Kanan :**

Diambil momen terbesar, akibat dari kombinasi beban  $1.2D + 1Ex + 0.3Ey + 1L$  :

$$\begin{aligned} M_u \text{ tumpuan} &= 228929724 \text{ Nmm} \\ M_n = \frac{M_u}{\phi} &= \frac{228929724}{0.8} = 286162155 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap, dengan syarat :

$$M_{ns} > 0 \text{ (perlu tulangan lentur tekan)}$$

$$M_{ns} \leq 0 \text{ (tidak perlu tulangan lentur tekan)}$$

$$\begin{aligned} M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 286162155 - 664402500 \\ &= -378240345 \text{ Nmm} < 0 \end{aligned}$$

*Sehingga tidak perlu tulangan lentur tekan rangkap dan perencanaan selanjutnya tulangan lentur tunggal*

Perencanaan penulangan lentur tunggal :

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{286162155}{450 \times 408321}$$

$$= 1.557$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{390}{0,85 \times 25} = 18.353$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n \times m}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.557 \times 18.353}{390}} \right)$$

$$\rho = 0.00415$$

cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0.0036 < 0.00415 < 0.0021 \text{ (Memenuhi)}$$

Luasan perlu (As perlu tulangan Lentur tarik)

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0.00415 \times 450 \times 639$$

$$= 1032.231 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka luasnya pun bertambah besar :

$$A_s \text{ perlu} = 1032.231 \text{ mm}^2 + 262.52 \text{ mm}^2 = 1300.752 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

Diameter tulangan pakai : D22

$$\text{Luasan tulangan} : 0.25 \times 3.14 \times 22 = 379.94 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan Tarik} : \frac{\text{Asperlu}}{\text{Luasan}} = \frac{1300.752}{379.94} = 3.423$$

$$\text{sehingga digunakan} : 8 \text{ buah}$$

Cek :

Luasan tulangan lentur tarik pasang (sisi atas)

$$\text{As pasang} > \text{As perlu}$$

$$379.94 \times 8 > 1300,752$$

$$3039.52 \text{ mm}^2 > 1300,752 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

$$\begin{aligned} \text{As}' &= 0.3 \times \text{As perlu} \\ &= 390,226 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah)

$$\text{Jumlah tulangan tekan} : \frac{\text{Asperlu}}{\text{Luasan}} = \frac{911.856}{379.94} = 1,027$$

$$\text{sehingga digunakan} : 4 \text{ buah}$$

Luasan tulangan lentur tarik pasang (sisi atas)

$$\text{As pasang} > \text{As perlu}$$

$$379.94 \times 4 > 911.856$$

$$1519.76 \text{ mm}^2 > 911.856 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol jarak spasi tulangan :

Syarat :

$$\text{Smaks} \geq S \text{ sejajar} = 25 \text{ mm} \Rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$\text{Smaks} \leq S \text{ sejajar} = 25 \text{ mm} \Rightarrow \text{susun lebih dari satu lapis}$$

Kontrol tulangan Tarik :

$$\begin{aligned}\text{Starik} &= \frac{B - 2t - 2\phi - \text{ntul geser} \times n \times \Phi b}{n - 1} \\ &= \frac{450 - 2(40) - 2(10) - 8(22)}{8 - 1} \\ &= 24.857 \text{ mm}\end{aligned}$$

Syarat =  $24.857 \text{ mm} \leq S \text{ sejajar} = 25 \text{ mm} \Rightarrow$  susun lebih  
dari satu lapis

Kontrol Tulangan tekan :

$$\begin{aligned}\text{Stekan} &= \frac{B - 2t - 2\phi - \text{ntul geser} \times n \times \Phi b}{n - 1} \\ &= \frac{450 - 2(40) - 2(10) - 4(22)}{4 - 1} \\ &= 87.33 \text{ mm}\end{aligned}$$

Syarat =  $87.33 \text{ mm} \geq S \text{ sejajar} = 25 \text{ mm} \Rightarrow$  susun 1  
lapis

Karena syarat jarak sejajar antar tulangan pada tulangan  
lentur tarik belum terpenuhi, maka tulangan dipasang 2  
lapis

Kontrol tulangan lapis 1 :

$$\begin{aligned}\text{Starik} &= \frac{B - 2t - 2\phi - \text{ntul geser} \times n \times \Phi b}{n - 1} \\ &= \frac{450 - 2(40) - 2(10) - 4(22)}{4 - 1} \\ &= 87.33 \text{ mm}\end{aligned}$$

Smaks  $\geq S \text{ sejajar}$  (Memenuhi)

Kontrol Tulangan lapis 2 :

$$\begin{aligned}\text{Starik} &= \frac{B - 2t - 2\phi - \text{ntul geser} \times n \times \Phi b}{n - 1} \\ &= \frac{450 - 2(40) - 2(10) - 4(22)}{4 - 1} \\ &= 87.33 \text{ mm}\end{aligned}$$

Smaks  $\geq S \text{ sejajar}$  (Memenuhi)

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur**

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur lapangan (-)}}$$

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan peninjauan tulangan pasang :

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 8 (0.25 \times 3.14 \times 22^2) \\ &= 3039.52 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 4 (0.25 \times 3.14 \times 22^2) \\ &= 1519.76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur lapangan (-)}}$$

$$1519.76 \text{ mm}^2 \geq 1/3 \times 3039.52 \text{ mm}^2$$

$$1519.76 \text{ mm}^2 \geq 1013.17 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

**Kontrol kemampuan penampang :**

$$\text{As pakai tul. Tarik} = 8D22 = 3039.52 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tul. Tarik} = 4D22 = 1519.76 \text{ mm}^2$$

$$\alpha = \frac{\text{As} \times f_y}{0.85 \times f_c' \times b} = \frac{3039.52 \times 390}{0.85 \times 25 \times 450} = 123.965 \text{ mm}$$

$$C_c' = 0.85 \times f_c' \times b \times \alpha = 1185412.8 \text{ N}$$

$$C_s' = A_{\text{spakai}} \times f_y$$



$$= 3039.52 \times 390 = 1185412.8 \text{ N}$$

$$M_n = \left( C_c' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (C_s' \times (d - d'))$$

$$M_n = \left( 1185412.8 \times \left( 639 - \frac{123.965}{2} \right) \right) + (1185412.8 \times (639 - 61))$$

$$M_n = 1369172684 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n \text{ pasang} &\geq M_n \text{ perlu} \\ 0.9(1369172684) &\geq 286162154,8 \\ 1232255416 \text{ Nmm} &\geq 286162154,8 \text{ Nmm} \\ &\textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

*Maka dipasang tulangan lentur balok B1 (45/70) as D (1-2') untuk daerah tumpuan kanan sebagai berikut :*

Tulangan lentur tarik susun 2 lapis :

Lapis 1 : 4D22

Lapis 2 : 4D22

Tulangan lentur tarik susun 2 lapis :

Lapis 1 : 4D22

### **Daerah Tumpuan Kiri :**

Diambil momen terbesar, akibat dari kombinasi  
 $1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1L :$

$$M_u \text{ Tumpuan} = 722287979 \text{ Nmm}$$

### **Momen Lentur Nominal**

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{722287979}{0.8} = 902859974 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap, dengan syarat :

$$M_{ns} > 0 \text{ (perlu tulangan lentur tekan)}$$

$$M_{ns} \leq 0 \text{ (tidak perlu tulangan lentur tekan)}$$

$$\begin{aligned} M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 902859974 - 664402500 \\ &= 238457474 \text{ Nmm} > 0 \\ &\text{(perlu tulangan lentur tekan)} \end{aligned}$$

*Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur rangkap*

Perencanaan penulangan lentur rangkap:

$$C_s' = T_2 = \frac{M_n - M_{nc}}{(d - d'')}$$

$$\begin{aligned} C_s' = T_2 &= \frac{902859974 - 664402500}{(639 - 61)} \\ &= 412556 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontrol tulangan tekan leleh :

$$\begin{aligned} f_s' &= \left(1 - \frac{d'}{x}\right) 600 \quad \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \text{leleh} \quad = f_s' = f_y \\ &\quad \text{Tidak leleh} = f_s' = f_s' \\ &= \left(1 - \frac{61}{150}\right) 600 \\ &= 356 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Maka,  $f_s' = f_y \rightarrow$  Tulangan tekan perlu dan tulangan Tarik tambahan

$$A_s' = \left( \frac{C_s'}{(f_s' - 0,85 f_c')} \right) = \left( \frac{412556}{(356 - 0,85 (25))} \right)$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka luasnya pun bertambah besar :

$$As' = 1118.796 \text{ mm}$$

$$As' = As' + (Al/4)$$

$$As' = 1118.796 + 268.52$$

$$As' = 1387 \text{ mm}$$

$$Ass = \left( \frac{T2}{fy} \right) = 1058$$

Tulangan tekan perlu :

$$\begin{aligned} As &= Asc + Ass \\ &= 2942.308 + 1058 \\ &= 4000 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cek luasan perlu (As perlu) tulangan tekan :

$$\begin{aligned} As \text{ pasang} &> As \text{ perlu} \\ 4000 \text{ mm} &> 1387.32 \text{ mm (Memenuhi)} \\ n &= 10.528 \approx 8 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$3040 \text{ mm} > 1387.32 \text{ mm (Memenuhi)}$$

Luasan tulangan perlu tekan + luasan tambahan puntir longitudinal sisi bawah balok (bottom). Karena memerlukan tulangan puntir, sehingga luasan tulangan lentur tekan bagian sisi bawah balok sesuai dengan **SNIT 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1**, luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik maka  $As'$  adalah :

Tulangan Tarik perlu :

$$As' = 0.3 \times 3040 \text{ mm} = 912 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{As'}{0.25 \times \pi \times d^2} = \frac{912}{0.25 \times \pi \times 22^2} = 2.4 \text{ mm} \\ &= 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$Smaks \leq S \text{ sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{lebih dari 1 lapis}$$

Kontrol Tulangan Tarik :

$$\begin{aligned}
 \text{Smaks} &= \frac{B - 2t - 2\phi - \text{ntul geser} \times n \times \Phi b}{n - 1} \\
 &= \frac{450 - 2(40) - 2(10) - 8(22)}{8 - 1} \\
 &= 24.857 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat} = 24.857 \leq S \text{ sejajar} = 25 \text{ mm} \Rightarrow \text{susun lebih}$$

dari

satu lapis

Kontrol Tulangan tekan :

$$\begin{aligned}
 \text{Smaks} &= \frac{B - 2t - 2\phi - \text{ntul geser} \times n \times \Phi b}{n - 1} \\
 &= \frac{450 - 2(40) - 2(10) - 4(22)}{4 - 1} \\
 &= 87.33 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat} = 87.33 \geq S \text{ sejajar} = 25 \text{ mm} \Rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

*Karena syarat jarak sejajar terpenuhi, maka tulangan dipasang 2 lapis*

Kontrol tulangan lapis 1 :

$$\begin{aligned}
 \text{Smaks} &= \frac{B - 2t - 2\phi - \text{ntul geser} \times n \times \Phi b}{n - 1} \\
 &= \frac{450 - 2(40) - 2(10) - 4(22)}{4 - 1} \\
 &= 87.33 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Smaks} \geq S \text{ sejajar (Memenuhi)}$$

Kontrol Tulangan lapis 2 :

$$\begin{aligned}
 \text{Smaks} &= \frac{B - 2t - 2\phi - \text{ntul geser} \times n \times \Phi b}{n - 1} \\
 &= \frac{450 - 2(40) - 2(10) - 4(22)}{4 - 1} \\
 &= 87.33 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Smaks} \geq S \text{ sejajar (Memenuhi)}$$

### **Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur**

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur lapangan (-)}}$$

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan peninjauan tulangan pasang :

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= 8 \text{ D } 22 \\ &= 8 (0.25 \times 3.14 \times 22^2) \\ &= 3039.52 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= 4 \text{ D } 22 \\ &= 4 (0.25 \times 3.14 \times 22^2) \\ &= 1519.76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur lapangan (-)}}$$

$$\begin{aligned} 1519.76 \text{ mm}^2 &\geq \frac{1}{3} \times 3039.52 \text{ mm}^2 \\ 1519.76 \text{ mm}^2 &\geq 1013.17 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

### **Kontrol kemampuan penampang :**

$$\text{As pakai tul. Tarik} = 8\text{D}22 = 3039.52 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tul. Tarik} = 4\text{D}22 = 1519.76 \text{ mm}^2$$

$$\alpha = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c' \times b} = \frac{3039.52 \times 390}{0.85 \times 25 \times 450} = 123.965 \text{ mm}$$

$$C_c' = 0.85 \times f_c' \times b \times \alpha = 1185412.8 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} C_s' &= A_{s \text{ pakai}} \times f_y \\ &= 3039.52 \times 390 = 1185412.8 \text{ N} \end{aligned}$$

$$M_n = \left( C_c' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (C_s' \times (d - d'))$$

$$M_n = \left( 1185412.8 \times \left( 639 - \frac{123.965}{2} \right) \right) + (1185412.8 \times (639 - 61))$$

$$M_n = 1369172684 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n \text{ pasang} &\geq \mu \text{ perlu} \\ 0.9(1369172684) &\geq 902859973,8 \\ 1232255416 \text{ Nmm} &\geq 902859973,8 \text{ Nmm} \\ &(\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

*Maka dipasang tulangan lentur balok B1 (45/70) As D (1-2') untuk daerah tumpuan kiri sebagai berikut :*

Tulangan lentur tarik susun 2 lapis :

Lapis 1 : 4D22

Lapis 2 : 4D22

Tulangan lentur tarik susun 1 lapis :

Lapis 1 : 4D22

### **Daerah Lapangan:**

Diambil momen terbesar, akibat dari kombinasi

$$1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1L$$

$$\mu \text{ lapangan} = 465168811 \text{ Nmm}$$

### **Momen Lentur Nominal**

$$M_n = \frac{\mu}{\phi} = \frac{465168811}{0.8} = 581461013.8 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap, dengan syarat :

$$M_{ns} > 0 \text{ (perlu tulangan lentur tekan)}$$

$$M_{ns} \leq 0 \text{ (tidak perlu tulangan lentur tekan)}$$

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 581461013.8 - 664402500$$

$$= -82941486 \text{ Nmm} < 0$$

(tidak perlu tulangan lentur tekan)

*Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal*

Perencanaan penulangan lentur tunggal :

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{581461013.8}{450 \times 408321}$$

$$= 3.165$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{390}{0.85 \times 25} = 18.353$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n \times m}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 3.165 \times 18.353}{390}} \right)$$

$$\rho = 0.0088$$

cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0.0036 < 0.0088 < 0.0021 \text{ (Memenuhi)}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0088 \times 450 \times 639 \\ &= 2538.931 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka lusannya pun bertambah besar.

$$\text{At} = 268,52 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan lentur tarik+ luasan tulangan puntir

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= 2538.931 + 268.52 \text{ mm}^2 \\ &= 2807.453 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Diamter tulangan Pakai : D22

$$\text{Luasan tulangan} : 0.25 \times 3.14 \times 22^2 = 379.94 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan lentur tarik pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned}\text{Jumlah tulangan Tarik} : \frac{\text{Asperlu}}{\text{Luasan}} &= \frac{2807.453}{379.94} = 7.389 \\ &: 7.389 \text{ mm}^2 \approx 8 \text{ buah}\end{aligned}$$

Cek :

$$\text{As pasang} > \text{As perlu}$$

$$379.94 \times 8 > 2807,453$$

$$3039.52 \text{ mm}^2 > 2807,453 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Luasan tulangan perlu tekan+ luasan tambahan puntir longitudinal sisi bawah balok (bottom). Karena memerlukan tulangan puntir, sehingga luasan tulangan lentur tekan bagian sisi bawah balok sesuai dengan ***SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1***, luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik maka as' adalah :

$$\begin{aligned}\text{As}' &= 0.3 \times \text{As perlu} \\ &= 911.856 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah)

$$\text{Jumlah tulangan tekan} : \frac{\text{Asperlu}}{\text{Luasan}} = \frac{911.856}{379.94} = 2.4 \approx 4$$

buah

Cek :

$$\text{As pasang} > \text{As perlu}$$

$$379.94 \times 4 > 911.856$$



$$1519.76 > 911.856 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol jarak spasi tulangan :

Syarat :

$$S_{maks} \geq S \text{ sejajar} = 25 \text{ mm} \Rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S \text{ sejajar} = 25 \text{ mm} \Rightarrow \text{susun lebih dari satu lapis}$$

Kontrol tulangan Tarik :

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{B - 2t - 2\phi - n_{tul} \text{ geser} \times n \times \phi_b}{n - 1} \\ &= \frac{450 - 2(40) - 2(10) - 8(22)}{8 - 1} \\ &= 24.857 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Syarat} = 25 \leq S \text{ sejajar} = 25 \text{ mm} \Rightarrow \text{susun lebih dari satu lapis}$$

Kontrol Tulangan tekan :

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{B - 2t - 2\phi - n_{tul} \text{ geser} \times n \times \phi_b}{n - 1} \\ &= \frac{450 - 2(40) - 2(10) - 4(22)}{4 - 1} \\ &= 87.33 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Syarat} = 87.33 \geq S \text{ sejajar} = 25 \text{ mm} \Rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

Kontrol tulangan lapis 1 :

$$\begin{aligned} S_{tarik} &= \frac{B - 2t - 2\phi - n_{tul} \text{ geser} \times n \times \phi_b}{n - 1} \\ &= \frac{450 - 2(40) - 2(10) - 4(22)}{4 - 1} \\ &= 87.33 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{maks} \geq S \text{ sejajar (Memenuhi)}$$

Kontrol Tulangan lapis 2 :

$$\begin{aligned}\text{Starik} &= \frac{B - 2t - 2\phi - n \text{tul geser} \times n \times \Phi b}{n - 1} \\ &= \frac{450 - 2(40) - 2(10) - 4(22)}{4 - 1} \\ &= 87.33 \text{ mm}\end{aligned}$$

Smaks  $\geq$  S sejajar (Memenuhi)

### **Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur**

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$\text{Mlentur tumpuan (+)} \geq \frac{1}{3} \times \text{Mlentur lapangan (-)}$$

(SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.4.(1))

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan peninjauan tulangan pasang :

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &= 8 \text{ D } 22 \\ &= 8 (0.25 \times 3.14 \times 22^2) \\ &= 3039.52 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As' pasang} &= 4 \text{ D } 22 \\ &= 4 (0.25 \times 3.14 \times 22^2) \\ &= 1519.76 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Mlentur tumpuan (+)} \geq \frac{1}{3} \times \text{Mlentur lapangan (-)}$$

$$\begin{aligned}1519.76 \text{ mm}^2 &\geq 1/3 \times 3039.52 \text{ mm}^2 \\ 1519.76 \text{ mm}^2 &\geq 1013.17 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}\end{aligned}$$

Kontrol kemampuan penampang :

$$As \text{ pakai tul. Tarik} = 8D22 = 3039.52 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai tul. Tarik} = 4D22 = 1519.76 \text{ mm}^2$$

$$\alpha = \frac{As \times f_y}{0.85 \times f_c' \times b} = \frac{3039.52 \times 390}{0.85 \times 25 \times 450} = 123.965 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0.85 \times f_c' \times b \times \alpha = 1185412.8 \text{ N}$$

$$Cs' = As_{\text{pakai}} \times f_y = 3039.52 \times 390 = 1185412.8 \text{ N}$$

$$M_n = \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d'))$$

$$M_n = \left( 1185412.8 \times \left( 639 - \frac{123.965}{2} \right) \right) + (1185412.8 \times (639 - 61))$$

$$M_n = 1369172684 \text{ Nmm}$$

$$M_n \text{ pasang} \geq M_n \text{ perlu}$$

$$0.9(1369172684) \geq 581461013.8$$

$$1232255416 \text{ Nmm} \geq 581461013.8 \text{ Nmm}$$

**(Memenuhi)**

Maka dipasang tulangan lentur balok B1 (45/70) As D

(1-2') untuk daerah lapangan :

Tulangan lentur tarik susun 2 lapis :

Lapis 1 : 4D22

Lapis 2 : 4D22

Tulangan lentur tarik susun 2 lapis :

Lapis 1 : 4D22

### ➤ **Perhitungan Tulangan Geser :**

Data Perencanaan balok sebagai berikut:

Dimensi balok (b balok) = 450 mm

Dimensi balok (h balok) = 700 mm

Diameter tulangan geser = 10 mm

$$\begin{aligned}
 f_c' &= 25 \text{ N/mm}^2 \\
 f_y &= 240 \text{ N/mm}^2 \\
 \beta_1 &= 0,85 \\
 (\text{SNI 2847:2013, Pasal 10.2.7 (3)}) \\
 \text{Faktor Reduksi } (\phi) \text{ kekuatan geser} &= 0,75 \\
 (\text{SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3)})
 \end{aligned}$$

*Berdasarkan perhitungan tulangan lentur pada **B1 (45/70) As D(1-2')**, didapat :*

Dalam analisa perhtiungan tulangan lentur didapatkan tulangan lentur pada tumpuan kiri dan tumpuan kanan sebagai berikut :

Momen tumpuan kiri :

Momen nominal kanan diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan dengan luasan tulangan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai tulangan Tarik : } 8D22 &= 0.25 \times \pi \times d^2 \times 8 \\
 &= 0.25 \times 3.14 \times 22^2 \times 8 \\
 &= 3042.286 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai tulangan Tekan : } 4D22 &= 0.25 \times \pi \times d^2 \times 4 \\
 &= 0.25 \times 3.14 \times 22^2 \times 4 \\
 &= 1521.143 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\alpha = \frac{\text{As tul tekan} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{3042.286 \times 390}{0,85 \times 25 \times 450} = 124.078$$

$$\begin{aligned}
 M_{nl} &= A_{Stul \text{ Tarik}} \times f_y \times \frac{d-a}{2} \\
 M_{nl} &= 3042.286 \times 390 \times \frac{639-62.039}{2} \\
 &= 684559557 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Momen tumpuan kanan :

$$\text{As pakai tulangan Tarik : } 8D22 = 0.25 \times \pi \times d^2 \times 8$$

$$= 0.25 \times 3.14 \times 22^2 \times 8$$

$$= 3042.286 \text{ mm}^2$$

As pakai tulangan Tekan :  $4D22 = 0.25 \times \pi \times d^2 \times 4$

$$= 0.25 \times 3.14 \times 22^2 \times 4$$

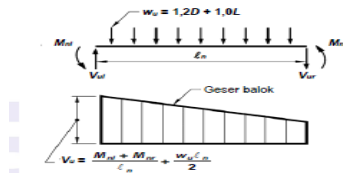
$$= 1521.143 \text{ mm}^2$$

$$\alpha = \frac{\text{As tul tekan} \times f_y}{0.85 \times f_c' \times b} = \frac{1521.143 \times 390}{0.85 \times 25 \times 450} = 62.039$$

$$M_{nr} = A_{\text{Stul Tarik}} \times f_y \times \frac{d-a}{2}$$

$$M_{nr} = 1521.143 \times 390 \times \frac{639-62.039}{2}$$

$$= 342279778,5 \text{ Nmm}$$



**Gambar 4.46 Perencanaan Geser untuk balok SRPMM**

*Berdasarkan hasil SAP 2000 gaya terfaktor geser terbesar*

*berdasarkan kombinasi :*

$$1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1L \rightarrow V_u = 338267.1 \text{ N}$$

Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari

$$V_{u1} = \frac{M_{n1} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{n1} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

**(SNI 2847-2013 pasal 21.3.3.1 (a))**

Dimana:

$V_{u1}$  : gaya geser pada muka perletakan

$M_{nl}$  : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)

$M_{nr}$  : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)

$l_n$  : panjang balok bersih

$$V_{u1} = \frac{M_{n1} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

$$V_{u1} = \frac{684559557 + 342279778,5}{10050} + 338267.1$$

$$V_{u1} = 440440 \text{ N}$$

Syarat kuat tekan beton ( $f_c'$ ) :

Menurut Nilai (*SNI 2847-2013 pasal 11.1.2*)  $\sqrt{f_c'}$  yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3Mpa

$$\frac{\sqrt{f_c'}}{5} < 8.33 \text{ (Memenuhi)}$$

Kuat geser beton :

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

Dengan  $\lambda = 1$  untuk beton normal (*SNI 03-2847-2013 pasal 11.2.1.1*)

$$V_c = 0.17 \times 5 \times 450 \times 639$$

$$V_c = 244417.5 \text{ N}$$

Kuat geser tulangan geser :

$$V_{s \text{ min}} = \frac{1}{3} \times b \times d = 0.33 \times 450 \times 639$$

$$V_s \min = 95850 \text{ N}$$

$$V_s \max = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d = 0.33 \times 5 \times 450 \times 639$$

$$V_s \max = 479250 \text{ N}$$

$$2V_s \max = 958500 \text{ N}$$

#### Pembagian Wilayah Geser Balok :

Wilayah pada daerah geser balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

1. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom tengah bentang. (***SNI 2847-2013 Pasal 21.3.4.2***)
2. Wilayah 2 (daerah lapangan) dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke setengah bentang balok.

#### • **Penulangan geser balok :**

- a. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan)

$$V_{ul} = 440440 \text{ N}$$

Cek kondisi :

- Kondisi 1  
 $V_u \leq 0.5 \times \phi \times V_c \rightarrow \text{tidak perlu tulangan geser}$   
 $440440 \leq 91656.56 \text{ (Tidak perlu tulangan geser)}$
- Kondisi 2  
 $0.5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c \rightarrow \text{tulangan geser minimum}$   
 $91656.56 \leq 440440 \leq 183313.1 \text{ (Tidak memenuhi)}$
- Kondisi 3  
 $\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times (V_c + V_{smin}) \rightarrow \text{tulangan geser minimum}$   
 $255200.6 \leq 440440 \leq 255200.6 \text{ (Tidak Memenuhi)}$

- Kondisi 4  

$$\Phi x( V_c + V_s \min) \leq V_u \leq \phi (V_c + V_s \max)$$

$$255200.6 \leq 440440 \leq 542750.6 ($$
*Memenuhi*)
- Kondisi 5  

$$\Phi x( V_c + V_s \min) \leq V_u \leq \phi (V_c + 2V_s \max)$$

$$255200.6 \leq 440440 \leq 902188 ($$
*Memenuhi*)

Maka perencanaan tulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 4 :

$$V_s \text{ perlu} = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

$$V_s \text{ perlu} = \frac{440440 - 0.75 (244417.5)}{0.75}$$

$$V_s \text{ perlu} = 342836 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser D10 dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$A_v = 0.25 \times 3.14 \times 10^2 \times 2$$

$$A_v = 157.0796 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan geser (Sperlu) :

$$S \text{ perlu} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s \text{ perlu}} = \frac{157.0796 \times 390 \times 639}{342836}$$

$$S \text{ perlu} = 70.3 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok:**



Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi

1.  $d/4$
2.  $8 \times \text{diameter tulangan longitudinal}$
3.  $24 \times \text{diameter sengkang}$
4. 300 mm

**(SNI 2847-2013 Pasal 21.3.4(2))**

Cek persyaratan :

- a)  $S \text{ pakai} < d/4$   
 $100 \text{ mm} < 159.75 \text{ mm}$  (**Memenuhi**)
- b)  $S \text{ pakai} < 8 \times D \text{ lentur}$   
 $100 \text{ mm} < 176 \text{ mm}$  (**Memenuhi**)
- c)  $S \text{ pakai} < 24 \times D \text{ sengkang}$   
 $100 \text{ mm} < 240 \text{ mm}$  (**Memenuhi**)
- d)  $S \text{ pakai} < 300 \text{ mm}$   
 $100 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$  (**Memenuhi**)

*Jadi, penulangan geser balok untuk balok B1(45/70) pada Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) dipasang  $\varnothing 10 - 100 \text{ mm}$  dengan sengkang 2 kaki.*

b. Wilayah 2 (daerah lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segitiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{Vu2}{0,5 \ln - 2h} = \frac{Vu1}{0,5 \ln}$$

$$Vu2 = \frac{Vu1 \times (0,5 \ln - 2h)}{0,5 \ln}$$

$$Vu2 = \frac{440440 \times (5025 - 1400)}{5025}$$

$$Vu2 = 317730.499 \text{ N}$$

Cek kondisi :

- Kondisi 1  
 $Vu \leq 0.5 \times \phi \times Vc \rightarrow \text{tidak perlu tulangan geser}$   
 $317730.499 \leq 91656.56 \text{ (Tidak perlu tulangan geser)}$
- Kondisi 2  
 $0.5 \times \phi \times Vc \leq Vu \leq \phi \times Vc \rightarrow \text{tulangan geser minimum}$   
 $91656.56 \leq 317730.499 \leq 183313.1 \text{ (Tidak Memenuhi)}$
- Kondisi 3  
 $\Phi \times Vc \leq Vu \leq \phi \times (Vc + Vs_{min}) \rightarrow \text{tulangan geser minimum}$   
 $183313.1 \leq 317730.499 \leq 255200.6 \text{ (Tidak Memenuhi)}$
- Kondisi 4  
 $\Phi \times (Vc + Vs_{min}) \leq Vu \leq \phi \times (Vc + Vs_{max})$   
 $255200.6 \leq 317730.499 \leq 542750.6 \text{ (Memenuhi)}$
- Kondisi 5  
 $\Phi \times (Vc + Vs_{min}) \leq Vu \leq \phi \times (Vc + 2Vs_{max})$   
 $255200.6 \leq 317730.499 \leq 902188 \text{ (Memenuhi)}$

Maka perencanaan tulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 4 :

$$Vs \text{ perlu} = \frac{Vu - \phi Vc}{\phi}$$

$$Vs \text{ perlu} = \frac{317730 - 0.75 (244417.5)}{0.75}$$

$$V_s \text{ perlu} = 179223 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser D10 dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$A_v = 0.25 \times 3.14 \times 10^2 \times 2$$

$$A_v = 157.0796 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan geser (Sperlu) :

$$S \text{ perlu} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s \text{ perlu}} = \frac{157.0796 \times 390 \times 639}{179223}$$

$$S \text{ perlu} = 134 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok:**

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi

1.  $d/2$
2. 8 x diameter tulangan longitudinal
3. 24 x diameter sengkang
4. 300 mm

***(SNI 2847-2013 Pasal 21.3.4(3))***

Cek persyaratan :

- a. S pakai  $< d/2$

- |    |        |                                |
|----|--------|--------------------------------|
|    | 150    | < 319.5 mm ( <b>Memenuhi</b> ) |
| b. | Spakai | < 8 x D lentur                 |
|    | 150 mm | < 176 mm ( <b>Memenuhi</b> )   |
| c. | Spakai | < 24 x Dsengkan                |
|    | 150mm  | < 240mm ( <b>Memenuhi</b> )    |
| d. | Spakai | < 300 mm                       |
|    | 150mm  | < 300 mm ( <b>Memenuhi</b> )   |

*Jadi, penulangan geser balok untuk balok B1(45/70) pada Wilayah 2 (daerah lapangan ) dipasang  $\varnothing 10 - 150$  mm dengan sengkang 2 kaki.*

#### ➤ **Perhitungan Panjang Penyaluran Dan Kontrol Retak**

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing masing penampang melalui penyaluran tulangan. Adapun perhitungan penyaluran tulangan berdasarkan (*SNI 03-2847-2013 pasal 12*)

- **Panjang penyaluran dalam kondisi Tarik :**
  - Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan (*SNI 03-2847-2013 pasal 12.2*)
  - Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir ( $l_d$ ) tidak boleh kurang dari 300mm. (*SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.1*)
  - Untuk panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dapat dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2013 tabel pada pasal 12.2* sebagai berikut

**Tabel 4.24 Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir**

	Batang tulangan atau kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil	Batang tulangan D-22 dan yang lebih besar
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $d_b$ , selimut bersih tidak kurang dari $d_b$ , dan sengkang atau pengikat sepanjang $4d_b$ tidak kurang dari minimum Tata Cara	$\left( \frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{2.1 \lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$	$\left( \frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1.7 \lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut bersih tidak kurang dari $d_b$		
Kasus-kasus lain	$\left( \frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1.4 \lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$	$\left( \frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1.4 \lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$

Dimana,

$\lambda_d$  = panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

$d_b$  = diameter tulangan lentur yang dipakai

$\Psi_t$  = faktor lokasi penulangan

$\psi_e$  = faktor pelapis

Tabel 4.25 faktor lokasi dan faktor pelapis

$\Psi_t$ faktor lokasi penulangan	
Tulangan horizontal yang ditempatkan sedemikian hingga lebih dan 300 mm beton segar dicor pada komponen di bawah panjang penyaluran atau sambungan yang ditinjau	1,3
Tulangan lain	1,0
$\psi_e$ faktor pelapis	
Batang atau kawat tulangan berlapis epoksi dengan selimut beton kurang dari $3d_b$ atau spasi bersih kurang dari $6d_b$	1,5
Batang atau kawat tulangan berlapis epoksi lainnya	1,2
Tulangan tanpa pelapis	1,0

$\lambda$  = faktor beton agregat ringan

= 1 (beton normal)

Perhitungan

$$\lambda d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{2,1 \lambda \sqrt{f_c'}} \times d_b \quad (SNI 2847-2013 \text{ pasal } 12.2.2.2)$$

$$\lambda d = \frac{390 \times 1 \times 1}{2,1 \times 1 \times \sqrt{25}} \times 22$$

$$\lambda d = 817.1429 \text{ mm} \approx 850 \text{ mm}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\begin{aligned}\lambda_{\text{reduksi}} &= \frac{A_s \text{ perlu} \times l_d}{A_s \text{ pasang}} \\ \lambda_{\text{reduksi}} &= \frac{2538.931 \times 817.143}{3039.52} \\ \lambda_{\text{reduksi}} &= 682.565 \text{ mm} \approx 700 \text{ mm}\end{aligned}$$

Syarat :  $\lambda_d > 300 \text{ mm}$

$$817,1429 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

Maka penyaluran tulangan kondisi tekan sebesar 411.84 mm  $\approx$  450 mm

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan :

Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan kawat

ulir dalam kondisi tekan ( $l_{dc}$ ) tidak boleh kurang dari 200mm. Diambil terbesar antara :

$$l_{dc} = \frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} \times d_b \text{ dan } l_{dc} = 0.034 f_y \times d_b$$

(SNI 2847-2013 pasal 12.3.2)

Kontrol Persamaan :

$$l_{dc} = \frac{0,24 (390)}{1\sqrt{25}} \times 22$$

$$L_{dc} = 411.84 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{persamaan 1}$$

$$L_{dc} = 0.034 \times f_y \times d_b$$

$$L_{dc} = 0.034 \times 390 \times 22$$

$$L_{dc} = 291.72 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{persamaan 2}$$

Maka penyaluran tulangan kondisi tekan sebesar 411.84 mm  $\approx$  450 mm

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\begin{aligned}\lambda_{\text{reduksi}} &= \frac{A_s \text{ perlu} \times l_{dc}}{A_s \text{ pasang}} \\ \lambda_{\text{reduksi}} &= \frac{911.856 \times 411.84}{1519.76}\end{aligned}$$

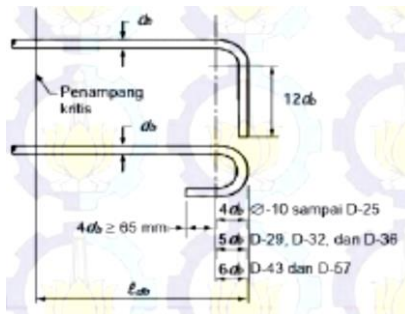
$$\lambda_{\text{reduksi}} = 247.104 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$$

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi Tarik :

- Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar ( $l_{dh}$ ) tidak boleh kurang dari  $8d_b$  dan 150mm.
- Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.5.2 Untuk batang tulangan ulir  $\lambda d$  harus sebesar

$$l_{dh} = \frac{0,24 \Psi_e f_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

dengan  $\psi_e$  diambil sebesar 1,2 untuk tulangan dilapisi epoksi, dan  $\lambda$  diambil sebesar 0,75 untuk beton ringan. Untuk kasus lainnya,  $\psi_e$  dan  $\lambda$  harus diambil sebesar 1,0.



**Gambar 4.47 detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standart**

Kontrol Persamaan :

$$\lambda d_h = \frac{0,24 \cdot 1 \cdot (390)}{1 \cdot \sqrt{25}} \times 22$$

$$\lambda d_h = 411.84 \text{ mm} \approx 450 \text{ mm}$$

syarat :  $\lambda_{dh} > 150 \text{ mm}$

$411,84 \text{ m} > 150 \text{ mm}$  (memenuhi)

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\lambda_{\text{reduksi}} = \frac{A_s \text{ perlu} \times l_d}{A_s \text{ pasang}}$$

$$\lambda_{\text{reduksi}} = \frac{2538.931 \times 411.84}{3039.52}$$

$$\lambda_{\text{reduksi}} = 344.0127 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm}$$

Maka penyaluran tulangan kondisi tekan sebesar  $411.84 \text{ mm} \approx 450 \text{ mm}$

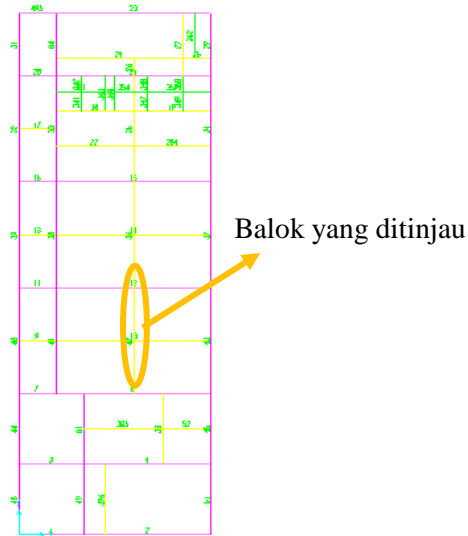
TYPE	B1 AS D(1-2') (450-700)	
KETERANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
TUL. ATAS	8 D22	4 D22
TUL. BAWAH	4 D22	8 D22
SENGKANG	2 #10-100	2 #10-150
TUL. TENGAH	2 D16	

**Gambar 4.48 detail penulangan balok**

#### 4.4.2.2. Perhitungan Tulangan Balok Anak

Berikut data-data perencanaan balok, gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000, ketentuan perhitungan penulangan balok dengan metode SRPMM, perhitungan serta hasil akhir gambar penampang balok adalah sebagai berikut:





**Gambar 4.49 Denah Penulangan Balok Anak (B4)**

➤ **Data perencanaan**

Tipe balok	: B4
AS balok yang di tinjau	: 1' (D-C)
Bentang balok	: 7200 mm
Dimensi Balok (b balok)	: 350 mm
Dimensi Balok (h balok)	: 500 mm
Kuat Tekan Beton ( $f_c'$ )	: 25 N/mm <sup>2</sup>
Kuat Leleh Tul. Lentur ( $f_y$ )	: 390 N/mm <sup>2</sup>
Kuat Leleh Tul. Geser ( $f_{yt}$ )	: 240 N/mm <sup>2</sup>
Diameter Tulangan Lentur	: D19
Diameter Tulangan Geser	: $\phi$ 10
Diameter Tulangan Puntir	: $\phi$ 13
Tebal selimut beton	: 40 mm
Tebal selimut beton (t decking)	: 40 mm
<b>(SNI 2847:2013, Pasal 10.2.7.(1))</b>	
Jarak spasi tulangan sejajar	: 25 mm

*(SNI 2847:2013, Pasal 7.6.1)*

Jarak spasi tulangan antar lapis : 25 mm

*(SNI 2847:2013, Pasal 7.6.1)*

Faktor  $\beta_1$  : 0,85

*(SNI 2847:2013, Pasal 10.2.7 (3))*

Faktor reduksi kekuatan lentur ( $\phi$ ) : 0,8

*(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(1))*

Faktor reduksi kekuatan geser ( $\phi$ ) : 0,75

*(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3))*

Faktor reduksi kekuatan puntir ( $\phi$ ) : 0,75

*(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3))*

Maka perhitungan tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{decking} - \text{\O tul. sengkang} - \frac{1}{2} \text{\O tul. lentur} \\
 &= 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} 19 \text{ mm} = 440.5 \text{ mm} \\
 d' &= \text{decking} + \text{\O sengkang} + \frac{1}{2} \text{\O tul lentur} \\
 &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \frac{1}{2} 19 \text{ mm} \\
 &= 59.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

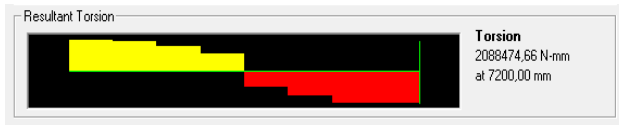
#### ➤ **Perhitungan Tulangan Balok Anak**

Dalam perhitungan balok didapatkan gaya dalam dan diagram gaya dari analisa program SAP 2000 yang memodelkan stuktur bangunan yang ditinjau. Pada hasil output analisa SAP 2000 digunakan data yang menunjukkan analisa gaya terbesar dari semua frame balok pada stuktur bangunan, sehingga didapatkan pada frame4 pemodelan SAP 2000 dengan kombinasi pembebanan  $1.2D + 1.0Ey + 0.3Ex + 1L$  dan berikut adalah hasil output analisa dari program SAP 2000 :

#### **Hasil output SAP :**

Kombinasi :  $1.2D + 1.0Ey + 0.3Ex + 1L$

Momen Torsi : 2088474.66 Nmm



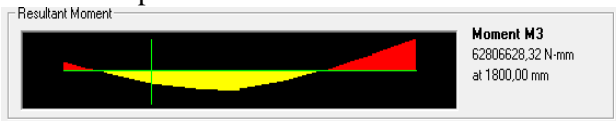
**Gambar 4.50 Hasil output sap gaya torsi (B4)**

Momen aksial : 19903.27 N



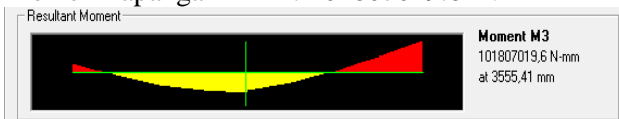
**Gambar 4.51 Hasil output sap gaya aksial (B4)**

Momen Tumpuan Kiri : 62806628.32 Nmm



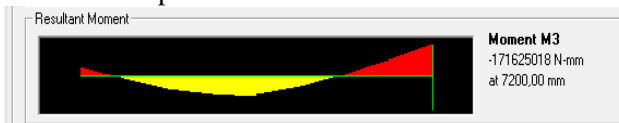
**Gambar 4.52 Hasil output sap gaya tumpuan kiri (B4)**

Momen Lapangan : 101807019.6 Nmm



**Gambar 4.53 Hasil output sap gaya lapangan (B4)**

Momen Tumpuan Kanan : 171625018 Nmm



**Gambar 4.54 Hasil output sap gaya tumpuan kanan (B4)**

Momen Geser : 95954.06 N



**Gambar 4.55 Hasil output sap gaya geser (B4)**

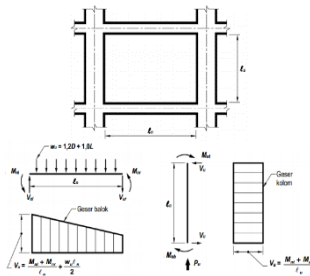
**Periksa gaya aksial pada balok :**

Balok harus memenuhi definisi komponen struktur lentur. Detail penulangan SRPMM harus memenuhi ketentuan-ketentuan SNI 03-2847-2013 pasal 21.3(2), bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak melebihi

$$\begin{aligned} 0.1.A_g.F_c' &= 0.1.(500.350).25 \\ &= 437500 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Berdasarkan analisa struktur SAP 2000, gaya aksial tekan akibat kombinasi 1.2D + 1.0Ey + 0.3Ex + 1L pada komponen struktur sebesar **19903,27 N < 437500 N**

Berdasarkan SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3 mengenai Ketentuan perhitungan penulangan balok dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).



**Gambar 4.56 Gaya Lintang Rencana Kmponen Balok Pada SRPMM**

- ❖ **Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap geser, lentur dan puntir. Ukuran balok yang dipakai 35cm x 50 cm**

**Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang Beton :**

$$\begin{aligned} A_{cp} &= B \text{ balok} \times H \text{ Balok} \\ &= 350 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} \\ &= 175000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**Perimeter luar irisan penampang beton  $A_{cp}$  :**

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b \text{ balok} + h \text{ balok}) \\ &= 2 \times (350 + 500) \\ &= 1700 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**Luas penampang dibatasi AS tulangan sengkang**

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - 2 \Phi_{geser}) \times (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - 2 \Phi_{geser}) \\ &= 250 \text{ mm} \times 400 \text{ mm} \\ &= 100000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**Keliling penampang dibatasi AS tulangan sengkang**

$$\begin{aligned}
 \text{Poh} &= 2 \times [(\text{bbalok} - 2 \cdot \text{tdecking} - 2\Phi_{\text{geser}}) + (\text{hbalok} \\
 &\quad - 2 \cdot \text{tdecking} - 2\Phi_{\text{geser}})] \\
 &= 2 \times 650 \text{ mm} \\
 &= 1300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

➤ **Perhitungan Tulangan Puntir :**

Berdasarkan hasil out put diagram torsi pada SAP diperoleh momen puntir terbesar :

Momen Puntir Ultimate

Akibat kombinasi :  $0.9D + 1.0Ex + 0.3Ey$

$$Tu = 2088475 \text{ Nmm}$$

Momen Puntir Nominal

$$T_n \geq \frac{Tu}{\phi} \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.5})$$

$$T_n = \frac{2088475 \text{ Nmm}}{0.75} = 2784633 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor  $T_u$  besarnya kurang dari beberapa kondisi

$$Tu_{\min} = \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$Tu_{\min} = 0.75 \cdot 0.083 \times \sqrt{25} \times \left( \frac{175000^2}{1700} \right)$$

$$Tu_{\min} = 5607077.206 \text{ Nmm}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimum  $T_u$  diambil sebesar

$$Tu_{\max} = \phi 0,33 \lambda \sqrt{f'c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$Tu_{\max} = 0.75 \cdot 0.33 \times \sqrt{25} \times \left( \frac{175000^2}{1700} \right)$$

$$Tu_{\max} = 22293199 \text{ Nmm}$$

Cek Pengaruh Puntir :

$$T_u > T_{\min}$$

$$2088475 \text{ Nmm} < 5607077.206 \text{ Nmm}$$

*(memakai tulangan puntir minimum)*

❖ **Tulangan Puntir minimum**

Tulangan longitudinal tambahan untuk menahan puntir diatur pada (SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.7) direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$A_l = \frac{A_t}{s} p h \frac{f_{yt}}{f_y} \cot^2 \phi$$

Dengan  $\frac{A_t}{s}$  dihitung sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6 berasal dari persamaan di bawah :

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt}}{s} \cot \phi$$

Untuk beton non prategang  $\phi = 45^\circ$

Dimana,  $A_o = 0,85 \times A_{oh}$

$$A_t = 0,85 \times 100000 = 85000$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \phi}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{2784632.88 \text{ Nmm}}{2 \times 100000 \times 240 \times 0.617}$$

$$\frac{A_t}{s} = 0.094 \text{ mm}$$

Sehingga tulangan puntir untuk lentur :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times P_{oh} \times \left( \frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \phi$$

$$A_l = 0.094 \times 1300 \text{ mm} \times \left( \frac{240 \text{ Mpa}}{390 \text{ Mpa}} \right) \times 0.381$$

$$A_l = 46.560 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.5.3 tulangan torsi longitudinal minimum harus diambil dengan ketentuan :

$$\frac{A_t}{s} \geq \frac{0,175 \times B_w}{F_{yt}} \quad \frac{A_t}{s} \geq \frac{0,175 \times 350}{240}$$

$$0.093 \leq 0.255 \Rightarrow \text{maka } A_t/s \text{ diambil} = 0.093$$

Maka nilai  $A_{l_{\min}}$  :

$$A_{l \min} = \frac{0,42 \sqrt{f_c'} A_{cp}}{f_y} - \left( \frac{A_t}{s} \right) P_h \frac{f_{yt}}{f_y}$$

$$A_{l \min} = \frac{0,42 \sqrt{25} 175000}{390} - (0.093) 1900 \frac{240}{390}$$

$$A_{l \min} = 942.308 \text{ mm}^2 - 75.17 \text{ mm}^2$$

$$A_{l \min} = 867.133 \text{ mm}^2$$

Kontrol penggunaan  $A_l$  dengan 2 kondisi yaitu :

$$A_l \text{ perlu} \leq A_{l \min} \Rightarrow \text{digunakan } A_{l \min}$$

$$A_l \text{ perlu} \geq A_{l \min} \Rightarrow \text{digunakan } A_l \text{ perlu}$$

*Sehingga :*

$$A_l \text{ perlu} \leq A_{l \min}$$

$$46.56 \text{ mm}^2 \leq 867.133 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka digunakan } A_l \text{ sebesar } A_l \text{ perlu} = 867.133 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir dibagikan ke 4 sisi pada penampang balok :

$$A_l/4 = 867.133 / 4 = 217 \text{ mm}^2$$



Penyebaran tulangan puntir dibagikan pada setiap sisi penampang balok :

Pada sisi atas : disalurkan pada tul. Tarik balok

Pada sisi bawah : disalurkan pada tul. Tekan balok

Direncanakan tulangan diameter 13, maka jumlah tulangan puntir :

$$n = \frac{A_l}{A_{\text{Tul}}}$$

$$n = \frac{216.78}{132.67}$$

$$n = 1.634 \approx 2 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} A_l \text{ pasang} &= n \times \text{luasan tul. Puntir} \\ &= 2 \times 132.67 \\ &= 265.33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol : } A_s \text{ pasang} &> A_s \text{ Perlu} \\ 265.33 \text{ mm}^2 &> 216.78 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

*Maka tulangan puntir yang digunakan : **2 D 13***

### ➤ **Perhitungan Tulangan Lentur**

Garis netral dalam kondisi balance :

$$X_b = \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \times d \quad X_b = \left( \frac{600}{600 + 390} \right) \times 440.5$$

$$X_b = 267 \text{ mm}$$

Garis Netral Maksimum :

$$X_{\text{max}} = 0.75 \times X_b = 0.75 \times 267 = 200.2 \text{ mm}$$

Garis Netral Minimum :

$$X_{\text{min}} = d' = 59.5 \text{ mm}$$

Garis netral rencana :

$$X_{\text{rencana}} = 150 \text{ mm}$$

Komponen beton tertekan :

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0.85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana} \\
 &= 0.85 \times 25 \times 350 \times 0.8 \times 150 \\
 &= 892500 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Luas tulangan Tarik :

$$\begin{aligned}
 A_{sc} &= Cc' / F_y = 892500 / 390 \\
 &= 2288.46 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \times F_y \times \left( d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \\
 M_{nc} &= 2288.46 \times 390 \times \left( 440.5 - \frac{0.8 \times 150}{2} \right) \\
 &= 339596250 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\
 &= \frac{0.85 \times 0.85 \times 25}{390} \times \frac{600}{600 + 390} \\
 &= 0.0281
 \end{aligned}$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times \rho_b = 0.021$$

$$\rho_{min} = 1.4/390 = 0.00358$$

Daerah Tumpuan Kanan :

Diambil momen terbesar, akibat dari kombinasi beban  
 $1.2D + 1E_y + 0.3E_x + 1L :$

$$M_u \text{ tumpuan} = 171625018 \text{ Nmm}$$

Momen Lentur nominal :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{171625018}{0.8} = 214531273 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap, dengan syarat :

$$M_{ns} > 0 \text{ (perlu tulangan lentur tekan)}$$

$$M_{ns} \leq 0 \text{ (tidak perlu tulangan lentur tekan)}$$

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 214531273 - 339596250$$

$$= -125064978 \text{ Nmm} < 0$$

(tidak perlu tulangan lentur tekan)

*Sehingga tidak perlu tulangan lentur tekan rangkap dan perencanaan selanjutnya tulangan lentur tunggal*

Perencanaan Penulangan Lentur Tunggal :

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{214531273}{350 \times 194040} = 3.159$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{390}{0,85 \times 25} = 18.353$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n \times m}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 3.159 \times 18.353}{390}} \right) = 0.0088$$

cek syarat :

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0.0036 < 0.0088 < 0.0021 \text{ (Memenuhi)}$$

Luasan perlu (As perlu tulangan Lentur tarik)

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0.0088 \times 350 \times 440.5$$

$$= 1358.629 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka luasnya pun bertambah besar :

$$\text{As perlu} = 1358.629 + 216.78 = 1575.413 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

Diameter tulangan pakai : D19

$$\text{Luasan tulangan} : 0.25 \times 3.14 \times 19^2 = 283.385 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan Tarik} : \frac{\text{Asperlu}}{\text{Luasan}} = \frac{1575.413}{283.385} = 5,559$$

sehingga digunakan : 6 buah

Cek :

Luasan tulangan lentur tarik pasang (sisi atas)

$$\text{As pasang} > \text{As perlu}$$

$$283.385 \times 6 > 1358.629$$

$$1700.31 > 1358.629 \text{ (Memenuhi)}$$

$$\begin{aligned} \text{As}' &= 0.3 \times \text{As perlu} \\ &= 0.3 \times 1700.31 = 510.093 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah)

$$\text{Jumlah tulangan tekan} : \frac{\text{Asperlu}}{\text{Luasan}} = \frac{510.093}{283.385} = 1.8$$

sehingga digunakan : 3 buah

Cek :

$$\text{As pasang} > \text{As perlu}$$

$$283.385 \times 3 > 425.078$$

$$850.155 > 425.078 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol jarak spasi tulangan :

Syarat :

$$\text{Smaks} \geq S \text{ sejajar} = 25 \text{ mm} \Rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$Smaks \leq S \text{ sejajar} = 25 \text{ mm} \Rightarrow$  susun lebih dari satu lapis

Kontrol tulangan Tarik :

$$\begin{aligned} Smaks &= \frac{B - 2t - 2\phi - ntul \text{ geser} \times n \times \Phi b}{n - 1} \\ &= \frac{350 - 2(40) - 2(10) - 5(19)}{6 - 1} \\ &= 27.2 \text{ mm} \end{aligned}$$

$Syarat = 27.2 \geq S \text{ sejajar} = 25 \text{ mm} \Rightarrow$  susun satu lapis

Kontrol Tulangan tekan :

$$\begin{aligned} Smaks &= \frac{B - 2t - 2\phi - ntul \text{ geser} \times n \times \Phi b}{n - 1} \\ &= \frac{350 - 2(40) - 2(10) - 3(19)}{3 - 1} \\ &= 96.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$Syarat = 96.5 \geq S \text{ sejajar} = 25 \text{ mm} \Rightarrow$  susun 1 lapis

Karena syarat jarak  $d=\text{sejajar}$  sudah terpenuhi ( $\geq 25\text{mm}$ ), maka dipasang 2 lapis.

Kontrol tulangan lapis 1 :

$$\begin{aligned} S \text{ Tarik} &= \frac{B - 2t - 2\phi - ntul \text{ geser} \times n \times \Phi b}{n - 1} \\ &= \frac{350 - 2(40) - 2(10) - 4(19)}{4 - 1} \\ &= 58.00 \text{ mm} \end{aligned}$$

$Smaks \geq S \text{ sejajar}$  (Memenuhi)

Kontrol tulangan lapis 2 :

$$\begin{aligned} S \text{ Tarik} &= \frac{B - 2t - 2\phi - ntul \text{ geser} \times n \times \Phi b}{n - 1} \\ &= \frac{350 - 2(40) - 2(10) - 2(19)}{2 - 1} \end{aligned}$$

$$= 212 \text{ mm}$$

Smaks  $\geq$  S sejajar (Memenuhi)

### **Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur**

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur lapangan (-)}}$$

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan peninjauan tulangan pasang :

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 6 (0.25 \times 3.14 \times 19^2) \\ &= 1700.31 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 3 (0.25 \times 3.14 \times 19^2) \\ &= 850.155 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur lapangan (-)}}$$

$$850.155 \text{ mm}^2 \geq 1/3 \times 1700.31 \text{ mm}^2$$

$$850.155 \text{ mm}^2 \geq 566.77 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

### **Kontrol kemampuan penampang :**

$$\text{As pakai tul. Tarik} = 6D19 = 1700.31 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tul. Tarik} = 3D19 = 850.155 \text{ mm}^2$$

$$\alpha = \frac{\text{As} \times f_y}{0.85 \times f_c' \times b} = \frac{1700.31 \times 390}{0.85 \times 25 \times 350} = 89.15 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0.85 \times f_c' \times b \times \alpha \\ &= 0.85 \times 25 \times 350 \times 89.15 = 663120.9 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= A_{spakai} \times f_y \\ &= 1700.31 \times 390 = 663120.9 \text{ N} \end{aligned}$$

$$M_n = \left( C_c' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d'))$$

$$\begin{aligned} M_n &= \left( 663120.9 \times \left( 440.5 - \frac{440.5 - 59.5}{2} \right) \right) \\ &\quad + (663120.9 \times (440.5 - 59.5)) \end{aligned}$$

$$M_n = 515192183.9 \text{ Nmm}$$

$$\begin{array}{ll} M_n \text{ pasang} & \geq M_n \text{ perlu} \\ 0.9(515192183.9) & \geq 214531272.5 \\ 463672965.5 & \geq 214531272.5 \text{ (Memenuhi)} \end{array}$$

*Maka dipasang tulangan lentur balok B4 (35/50) as 1' (D-C) untuk daerah tumpuan kanan:*

Tulangan lentur tarik susun 2 lapis :

Lapis 1 : 4 D19

Lapis 2 : 2 D 19

Tulangan lentur tarik susun 2 lapis :

Lapis 1 : 3D19

### **Daerah Tumpuan Kiri :**

Diambil momen terbesar, akibat dari kombinasi

$$1.2D + 1.0Ey + 0.3Ex + 1L$$

$$M_u \text{ Tumpuan} = 62806628.2 \text{ Nmm}$$

### **Momen Lentur Nominal**

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{62806628.2}{0.8} = 78508285.25 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap, dengan syarat :

$$M_{ns} > 0 \text{ (perlu tulangan lentur tekan)}$$

$$M_{ns} \leq 0 \text{ (tidak perlu tulangan lentur tekan)}$$

$$\begin{aligned} M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 78508285.25 - 339596250 \\ &= -261087965 \text{ Nmm} < 0 \end{aligned}$$

(tidak perlu tulangan lentur tekan)

*Sehingga tidak perlu tulangan lentur tekan rangkap dan perencanaan selanjutnya tulangan lentur tunggal*

Perencanaan Penulangan Lentur Tunggal :

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{78508285.25}{350 \times 194040} = 1.156$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{390}{0.85 \times 25} = 18.353$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n \times m}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.156 \times 18.353}{390}} \right) = 0.003$$

cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0.0036 < 0.003 < 0.0021 \text{ (Tidak memenuhi)}$$

Maka dipakai  $\rho_{\min} = 0.0036$



Luasan perlu (As perlu tulangan Lentur tarik)

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0.0036 \times 350 \times 440.5 \\
 &= 553.449 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka luasnya pun bertambah besar :

$$\text{As perlu} = 553.449 + 216.78 = 770.232 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

Diameter tulangan pakai: D19

$$\begin{aligned}
 \text{Luasan tulangan} &: 0.25 \times 3.14 \times 19^2 = \\
 &283.385 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan Tarik} &: \frac{\text{Asperlu}}{\text{Luasan}} = \frac{770.232}{283.385} = 2.718 \\
 \text{sehingga digunakan} &: 6 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Cek :

Luasan tulangan lentur tarik pasang (sisi atas)

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &> \text{As perlu} \\
 283.385 \times 6 &> 1358.629 \\
 1700.31 &> 1358.629 \text{ (Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As}' &= 0.3 \times \text{As perlu} \\
 &= 0.3 \times 1700.31 = 510.093 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah)

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan tekan} &: \frac{\text{Asperlu}}{\text{Luasan}} = \frac{510.093}{283.385} = 1.8 \\
 \text{sehingga digunakan} &: 3 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Cek :

Luasan tulangan lentur tarik pasang (sisi atas)

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &> \text{As perlu} \\
 283.385 \times 3 &> 510.093
 \end{aligned}$$

$$850.155 > 510.093 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol jarak spasi tulangan :

Syarat :

$$S_{maks} \geq S \text{ sejajar} = 25 \text{ mm} \Rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S \text{ sejajar} = 25 \text{ mm} \Rightarrow \text{susun lebih dari satu lapis}$$

Kontrol tulangan Tarik :

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{B - 2t - 2\phi - n_{tul} \text{ geser} \times n \times \phi_b}{n - 1} \\ &= \frac{350 - 2(40) - 2(10) - 5(19)}{6 - 1} \\ &= 27.2 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{yarat} = 27.2 \geq S \text{ sejajar} = 25 \text{ mm} \Rightarrow \text{susun satu lapis}$$

Kontrol Tulangan tekan :

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{B - 2t - 2\phi - n_{tul} \text{ geser} \times n \times \phi_b}{n - 1} \\ &= \frac{350 - 2(40) - 2(10) - 3(19)}{3 - 1} \\ &= 96.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{yarat} = 96.5 \geq S \text{ sejajar} = 25 \text{ mm} \Rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

Karena syarat jarak sejajar antar tulangan pada tulangan lentur tarik terpenuhi, namun untuk kemudaha pekerjaan dilapangan maka tulangan dipasang 2 lapis

Kontrol tulangan lapis 1 :

$$\begin{aligned} S_{Tarik} &= \frac{B - 2t - 2\phi - n_{tul} \text{ geser} \times n \times \phi_b}{n - 1} \\ &= \frac{350 - 2(40) - 2(10) - 4(19)}{4 - 1} \\ &= 58.00 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{maks} \geq S \text{ sejajar (Memenuhi)}$$

Kontrol tulangan lapis 2 :

$$\begin{aligned}
 S \text{ Tarik} &= \frac{B - 2t - 2\phi - n \text{ tul geser} \times n \times \Phi b}{n - 1} \\
 &= \frac{350 - 2(40) - 2(10) - 2(19)}{2 - 1} \\
 &= 212 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Smaks  $\geq$  S sejajar (Memenuhi)

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur lapangan (-)}}$$

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan peninjauan tulangan pasang :

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\
 &= 6 (0.25 \times 3.14 \times 19^2) \\
 &= 1700.31 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\
 &= 3 (0.25 \times 3.14 \times 19^2) \\
 &= 850.155 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur lapangan (-)}}$$

$$850.155 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 1700.31 \text{ mm}^2$$

$$850.155 \text{ mm}^2 \geq 566.77 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol kemampuan penampang :

$$\text{As pakai tul. Tarik} = 6D19 = 1700.31 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai tul. Tarik} &= 3D19 = 850.155 \text{ mm}^2 \\
 \alpha &= \frac{A_s \times f_y}{C_c' \times 0.85 \times f_c' \times b \times \alpha} = \frac{1700.31 \times 390}{0.85 \times 25 \times 350 \times \alpha} = 89.15 \text{ mm} \\
 &= 0.85 \times 25 \times 350 \times 89.15 = 663120.9 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s' &= A_s \text{ pakai} \times f_y \\
 &= 1700.31 \times 390 = 663120.9 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \left( C_c' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (C_s' \times (d - d')) \\
 M_n &= \left( 663120.9 \times \left( 440.5 - \frac{440.5 - 59.5}{2} \right) \right) \\
 &\quad + (663120.9 \times (440.5 - 59.5))
 \end{aligned}$$

$$M_n = 515192183.9 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n \text{ pasang} &\geq M_n \text{ perlu} \\
 0.9(515192183.9) &\geq 78508285.25 \\
 463672965.5 &\geq 78508285.25 \text{ (**Memenuhi**)}
 \end{aligned}$$

*Maka dipasang tulangan lentur balok B4 (35/50) as 1' (D-C) untuk daerah tumpuan kanan:*

Tulangan lentur tarik susun 2 lapis :

Lapis 1 : 4 D 19

Lapis 2 : 2 D 19

Tulangan lentur tarik susun 2 lapis :

Lapis 1 : 3D19

### **Daerah Lapangan:**

Diambil momen terbesar, akibat dari kombinasi

$1,2D + 1Ey + 0,3Ex + 1L :$

$$\text{Mu lapangan} = 101807019.6 \text{ Nmm}$$

Momen Lentur Nominal

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{101807019.6}{0.8} = 127258774.5 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap, dengan syarat :

$$M_{ns} > 0 \text{ (perlu tulangan lentur tekan)}$$

$$M_{ns} \leq 0 \text{ (tidak perlu tulangan lentur tekan)}$$

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 127258774.5 - 339596250$$

$$= -212337476 \text{ Nmm} < 0$$

(tidak perlu tulangan lentur tekan)

*Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal*

Perencanaan Penulangan Lentur Tunggal :

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{127258774.5}{350 \times 194040} = 1.874$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{390}{0.85 \times 25} = 18.353$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n \times m}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.874 \times 18.353}{390}} \right) = 0.005$$

cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0.0036 < 0.005 < 0.0021 \text{ (Memenuhi)}$$

$$\text{As perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0.005 \times 350 \times 440.5$$

$$= 776.662 \text{ mm}^2$$

Luasan Tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka luasanya pun bertambah besar.

$$A_t = 216.78 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan lentur tarik+ luasan tulangan puntir

$$A_s \text{ perlu} = 776.662 + 216.78 = 993.445 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan Pakai : D19

$$\text{Luasan tulangan} : 283.385 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan lentur tarik pakai (Sisi Atas)

$$\text{Jumlah tulangan Tarik} : \frac{A_{\text{perlu}}}{\text{Luasan}} = \frac{2807.453}{379.94} = 3.506$$

$$\text{Dipakai tulangan} : 4 \text{ buah}$$

Cek :

$$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$$

$$283.385 \times 4 > 776.662$$

$$1133.54 \text{ mm}^2 > 776.662 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

$$A_s' = 0.3 \times A_s \text{ perlu}$$

$$= 0.3 \times 283.385(4) = 340.062 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah)

$$\text{Jumlah tulangan tekan} : \frac{A_{\text{perlu}}}{\text{Luasan}} = \frac{340.062}{283.385} = 1.2$$

$$\text{Dipakai tulangan} : 2 \text{ buah}$$

Cek :

$$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$$

$$283.385 \times 2 > 340,1$$

$$566.77 > 340,1 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol jarak spasi tulangan :

Syarat :

Smaks  $\geq$  S sejajar = 25 mm  $\Rightarrow$  susun 1 lapis

Smaks  $\leq$  S sejajar = 25 mm  $\Rightarrow$  susun lebih dari satu lapis

Kontrol tulangan Tarik :

$$\begin{aligned}\text{Smaks} &= \frac{B - 2t - 2\phi - n_{\text{tul geser}} \times n \times \Phi b}{n - 1} \\ &= \frac{350 - 2(40) - 2(10) - 4(19)}{4 - 1} \\ &= 58 \text{ mm}\end{aligned}$$

Syarat = 58  $\geq$  S sejajar = 25 mm  $\Rightarrow$  susun satu lapis

Kontrol Tulangan tekan :

$$\begin{aligned}\text{Smaks} &= \frac{B - 2t - 2\phi - n_{\text{tul geser}} \times n \times \Phi b}{n - 1} \\ &= \frac{350 - 2(40) - 2(10) - 2(19)}{2 - 1} \\ &= 212 \text{ mm}\end{aligned}$$

Syarat = 212  $\geq$  S sejajar = 25 mm  $\Rightarrow$  susun 1 lapis

Karena syarat sejajar antar tulangan terpenuhi ( $\geq 25$ mm), maka dipasang 2 lapis

Kontrol tulangan 1 lapis :

$$\begin{aligned}\text{Starik} &= \frac{B - 2t - 2\phi - n_{\text{tul geser}} \times n \times \Phi b}{n - 1} \\ &= \frac{350 - 2(40) - 2(10) - 4(19)}{4 - 1} \\ &= 58 \text{ mm}\end{aligned}$$

Smaks  $\geq$  S sejajar (Memenuhi)

### Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur lapangan (-)}}$$

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan peninjauan tulangan pasang :

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= 4 \text{ D } 19 \\ &= 4 (0.25 \times 3.14 \times 19^2) \\ &= 1133.54 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= 2 \text{ D } 19 \\ &= 2 (0.25 \times 3.14 \times 19^2) \\ &= 566.77 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur lapangan (-)}}$$

$$566.77 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 1133.54 \text{ mm}^2$$

$$566.77 \text{ mm}^2 \geq 377.85 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol kemampuan penampang :

$$\text{As pakai tul. Tarik} = 4\text{D}19 = 1133.54 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tul. Tarik} = 2\text{D}19 = 566.77 \text{ mm}^2$$

$$\alpha = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c' \times b} = \frac{1133.54 \times 390}{0.85 \times 25 \times 350} = 59.43 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0.85 \times f_c' \times b \times \alpha \\ &= 0.85 \times 25 \times 350 \times 59.43 = 442080.6 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= A_{s'} \times f_y \\ &= 1133.54 \times 390 = 442080.6 \text{ N} \end{aligned}$$

$$M_n = \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d'))$$



$$M_n = \left( 442080.6 \times \left( 440.5 - \frac{440.5 - 59.5}{2} \right) \right) + (442080.6 \times (440.5 - 59.5))$$

$$M_n = 350030708.2 \text{ Nmm}$$

$$M_n \text{ pasang} \geq M_n \text{ perlu}$$

$$0.9(350030708.2) \geq 127258774.5$$

$$315027637.4 \geq 127258774.5 \text{ (**Memenuhi**)}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok B4 (35/50) 1' (D-C) untuk daerah tumpuan kanan sebagai berikut:

Tulangan lentur tarik susun 1 lapis :

Lapis 1 : 4D19

Tulangan lentur tarik susun 1 lapis :

Lapis 1 : 2D19

#### ➤ **Perhitungan Tulangan Geser :**

Data Perencanaan balok sebagai berikut:

Dimensi balok (b balok) = 350 mm

Dimensi balok (h balok) = 500 mm

Diameter tulangan geser = 10 mm

$f_c'$  = 25 N/mm<sup>2</sup>

$f_y$  = 240 N/mm<sup>2</sup>

$\beta_1$  = 0,85

(SNI 2847:2013, Pasal 10.2.7 (3))

$\phi_{\text{reduksi}}$  = 0,75

(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3))

Dalam analisa perhtiungan tulangan lentur didapatkan tulangan lentur pada tumpuan kiri dan tumpuan kanan sebagai berikut :

Momen tumpuan kiri :

Momen nominal kiri diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri dengan luasan tulangan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{As pakai tulangan Tarik : } 6D19 &= 0.25 \times \pi \times d^2 \times 5 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 19^2 \times 6 \\ &= 1701.857 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As pakai tulangan Tekan : } 3D19 &= 0.25 \times \pi \times d^2 \times 4 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 19^2 \times 3 \\ &= 850.929 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\alpha = \frac{\text{As tul tekan} \times f_y}{0.85 \times f_c' \times b} = \frac{1701.857 \times 390}{0.85 \times 25 \times 350} = 89.241$$

$$\begin{aligned}M_{nl} &= A_{S_{\text{tul Tarik}}} \times f_y \times \frac{d-a}{2} \\ M_{nl} &= 1701.857 \times 390 \times \frac{440.5-89.241}{2} \\ &= 262755090.5 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

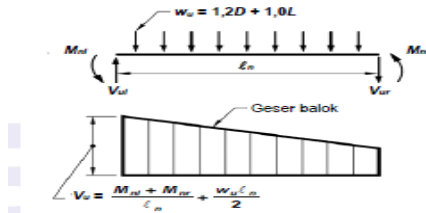
Momen tumpuan kanan :

$$\begin{aligned}\text{As pakai tulangan Tarik : } 6D19 &= 0.25 \times \pi \times d^2 \times 5 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 19^2 \times 6 \\ &= 1701.857 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As pakai tulangan Tekan : } 3D19 &= 0.25 \times \pi \times d^2 \times 3 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 19^2 \times 3 \\ &= 850.929 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\alpha = \frac{\text{As tul tekan} \times f_y}{0.85 \times f_c' \times b} = \frac{850.929 \times 390}{0.85 \times 25 \times 350} = 89.24$$

$$\begin{aligned}M_{nr} &= A_{S_{\text{tul Tarik}}} \times f_y \times \frac{d-a}{2} \\ M_{nr} &= 850.929 \times 390 \times \frac{440.5-44.620}{2} \\ &= 131377545.3 \text{ Nmm}\end{aligned}$$



**Gambar 4.57 Perencanaan Geser untuk balok SRPMM**

Berdasarkan hasil SAP 2000 gaya terfaktor geser terbesar

berdasarkan kombinasi :

$$0,9D+1,0Ex+0,3Ey \rightarrow V_u = 95954.1 \text{ N}$$

Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari

$$V_{u1} = \frac{M_{n1} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{n1} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

**(SNI 2847-2013 pasal 21.3.3.1 (a))**

Dimana:

$V_{u1}$  : gaya geser pada muka perletakan

$M_{nl}$  : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)

$M_{nr}$  : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)

$l_n$  : panjang balok bersih

$$V_{u1} = \frac{M_{n1} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

$$V_{u1} = \frac{262755090.5 + 138781409.6}{7200} + 95954.05$$

$$Vu1 = 150695 \text{ N}$$

Syarat kuat tekan beton ( $f_c'$ ) :

Nilai  $\sqrt{f_c}$  yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3  
Mpa

(SNI 2847-2013 pasal 11.1.2)

$$\sqrt{f_c} < 8.3$$

$$5 < 8.33 \text{ (Memenuhi)}$$

Kuat geser beton :

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

Dengan  $\lambda = 1$  untuk beton normal

$$V_c = 0.17 \times 5 \times 350 \times 440.5$$

$$V_c = 131049 \text{ N}$$

Kuat geser tulangan geser :

$$V_s \text{ min} = \frac{1}{3} \times b \times d = 0.33 \times 350 \times 440.5$$

$$V_s \text{ min} = 51391.7 \text{ N}$$

$$V_s \text{ max} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d = 0.33 \times 5 \times 350 \times 440.5$$

$$V_s \text{ max} = 256958 \text{ N}$$

$$2V_s \text{ max} = 513917 \text{ N}$$

Pembagian Wilayah Geser Balok :

Wilayah pada daerah geser balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

- a. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom tengah bentang. (SNI 2847-2013 Pasal 21.3.4.2)
- b. Wilayah 2 (daerah lapangan) dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke setengah bentang balok.

Penulangan geser balok :

a. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan)

$$V_{u1} = 150695\text{N}$$

Cek kondisi :

▪ Kondisi 1

$$V_u \leq 0.5 \times \phi \times V_c \rightarrow \text{tidak perlu tulangan geser}$$

$$150695 \leq 49143.3 \text{ (Tidak perlu tulangan geser)}$$

▪ Kondisi 2

$$0.5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c \rightarrow \text{tulangan geser minimum}$$

$$49143.3 \leq 150695 \leq 98286.6 \text{ (Tidak memenuhi)}$$

▪ Kondisi 3

$$\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times (V_c + V_{smin}) \rightarrow \text{tulangan geser minimum}$$

$$98286.6 \leq 150695 \leq 136830 \text{ (Tidak memenuhi)}$$

▪ Kondisi 4

$$\phi \times (V_c + V_{smin}) \leq V_u \leq \phi \times (V_c + V_{smax})$$

$$136830 \leq 150695 \leq 291005 \text{ (memenuhi)}$$

▪ Kondisi 5

$$\phi \times (V_c + V_{smin}) \leq V_u \leq \phi \times (V_c + 2V_{smax})$$

$$291005 \leq 150695 \leq 483724 \text{ (memenuhi)}$$

Maka perencanaan tulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 4 :

$$V_s \text{ perlu} = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

$$V_s \text{ perlu} = \frac{151723 - 0.75 (131049)}{0.75}$$

$$V_s \text{ perlu} = 69878 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser D10 dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$A_v = 0.25 \times 3.14 \times 10^2 \times 2$$

$$A_v = 157.0796 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan geser (Sperlu) :

$$S_{\text{perlu}} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s \text{ perlu}} = \frac{157.0796 \times 390 \times 440.5}{71248.59}$$

$$S_{\text{perlu}} = 238 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok:**

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi

1.  $d/4$
2. 8 x diameter tulangan longitudinal
3. 24 x diameter sengkang
4. 300 mm

*(SNI 2847-2013 Pasal 21.3.4(2))*

Cek persyaratan :

- a) S pakai <  $d/4$   
100mm < 110.1 mm (**Memenuhi**)
- b) Spakai < 8 x D lentur  
100mm < 152mm (**Memenuhi**)
- c) Spakai < 24 x Dsengkang  
100mm < 240mm (**Memenuhi**)
- d) Spakai < 300 mm  
100mm < 300 mm (**Memenuhi**)

*Jadi, penulangan geser balok untuk balok B1(45/70) pada Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) dipasang Ø10 – 100 mm dengan sengkang 2 kaki.*

b. Wilayah 2 (daerah lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segitiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{V_{u2}}{0,5 l_n - 2h} = \frac{V_{u1}}{0,5 l_n}$$

$$V_{u2} = \frac{V_{u1} \times (0,5 l_n - 2h)}{0,5 l_n}$$

$$V_{u2} = \frac{151723 \times (3600 - 1000)}{3600}$$

$$V_{u2} = 108835,057 \text{ N}$$

Cek kondisi :

• Kondisi 1

$V_u \leq 0.5 \times \phi \times V_c \rightarrow$  tidak perlu tulangan geser  
 $108835,057 \leq 49143. (Tidak \text{ perlu tulangan geser})$

• Kondisi 2

$0.5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c \rightarrow$  tulangan geser minimum  
 $49143.3 \leq 108835,057 \leq 98286.6 (Tidak \text{ Memenuhi})$

• Kondisi 3

$\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times (V_c + V_{smin}) \rightarrow$  tulangan geser minimum  
 $98286.6 \leq 108835,057 \leq 136830 (Memenuhi)$

▪ Kondisi 4

$\phi \times (V_c + V_{smin}) \leq V_u \leq \phi \times (V_c + V_{smax})$   
 $136830 \leq 108835,057 \leq 291005 (Memenuhi)$

▪ Kondisi 5

$$\Phi (V_c + V_s \min) \leq V_u \leq \Phi (V_c + 2V_s \max)$$

$$291005 \leq 108835,057 \leq 483724 \text{ (Memenuhi)}$$

Maka perencanaan tulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 3 :

$$V_s \text{ perlu} = \frac{b_w \times d}{3}$$

$$V_s \text{ perlu} = \frac{350 \times 440.5}{3} \quad V_s \text{ perlu} = 5139.17 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser D10 dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser

$$A_v = \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y}$$

$$A_v = \frac{350 \cdot 100}{3 \cdot 390}$$

$$A_v = 2.992 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan geser (Sperlu) :

$$S \text{ perlu} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s \text{ perlu}} = \frac{2.991 \times 390 \times 440.5}{5139.17}$$

$$S \text{ perlu} = 62 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok:**

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi



- $d/2$
- 8 x diameter tulangan longitudinal
- 24 x diameter sengkang
- 300 mm

*(SNI 2847-2013 Pasal 21.3.4(3))*

Cek persyaratan :

- a. S pakai  $< d/2$   
150mm  $< 319.5$  mm (Memenuhi)
- b. Spakai  $< 8 \times D$  lentur  
150mm  $< 176$  mm (Memenuhi)
- c. Spakai  $< 24 \times D$  sengkang  
150mm  $< 240$ mm (Memenuhi)
- d. Spakai  $< 300$  mm  
150mm  $< 300$  mm (Memenuhi)

*(SNI 2847-2013 Pasal 21.3.4(3))*

*Jadi, penulangan geser balok untuk balok B1(45/70) pada Wilayah 2 (daerah lapangan ) dipasang  $\varnothing 10 - 150$  mm dengan sengkang 2 kaki.*

### ➤ **Perhitungan Panjang Penyaluran Dan Kontrol Retak**

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing masing penampang melalui penyaluran tulangan. Adapun perhitungan penyaluran tulangan berdasarkan *(SNI 03-2847-2013 pasal 12)*

- **Panjang penyaluran dalam kondisi Tarik :**
  - Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan *(SNI 03-2847-2013 pasal 12.2 )*
  - Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir (Id) tidak boleh kurang dari 300mm. *(SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.1)*

- Untuk panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dapat dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2013 tabel pada pasal 12.2* sebagai berikut

**Tabel 4. 24 Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir**

	Batang tulangan atau kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil	Batang tulangan D-22 dan yang lebih besar
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $d_b$ , selimut bersih tidak kurang dari $d_b$ , dan sengkang atau pengikat sepanjang $4d_b$ tidak kurang dari minimum Tata Cara atau Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut bersih tidak kurang dari $d_b$	$\left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{2,14 \sqrt{f_c'}} \right) d_b$	$\left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{1,74 \sqrt{f_c'}} \right) d_b$
Kasus-kasus lain	$\left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{1,44 \sqrt{f_c'}} \right) d_b$	$\left( \frac{f_y \psi_t \psi_e}{1,14 \sqrt{f_c'}} \right) d_b$

Dimana,

$\lambda_d$  = panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

$d_b$  = diameter tulangan lentur yang dipakai

$\psi_t$  = faktor lokasi penulangan

$\psi_e$  = faktor pelapis

**Tabel 4.25 faktor lokasi dan faktor pelapis**

$\psi_t$ faktor lokasi penulangan	
Tulangan horizontal yang ditempatkan sedemikian hingga lebih dari 300 mm beton segar dicor pada komponen di bawah panjang penyaluran atau sambungan yang ditinjau	1,3
Tulangan lain	1,0
$\psi_e$ faktor pelapis	
Batang atau kawat tulangan berlapis epoksi dengan selimut beton kurang dari $3d_b$ , atau spasi bersih kurang dari $6d_b$	1,5
Batang atau kawat tulangan berlapis epoksi lainnya	1,2
Tulangan tanpa pelapis	1,0

$\lambda$  = faktor beton agregat ringan

= 1 (beton normal)

Perhitungan

$$\lambda_d = \frac{f_y \times \psi_t \times \psi_e}{2,14 \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

*(SNI 2847-2013 pasal 12.2.2.2)*

$$\lambda_d = 705.71 \text{ mm} \sim 750 \text{ mm}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\lambda_{\text{reduksi}} = \frac{\text{As perlu} \times \lambda_d}{\text{As pasang}}$$

$$\lambda_{\text{reduksi}} = \frac{776.662 \times 705.714}{1133.54}$$

$$\lambda_{\text{reduksi}} = 483.531 \text{ mm} \approx 500 \text{ mm}$$

Syarat :  $\lambda_d > 300 \text{ mm}$

$$705.714 > 300 \text{ mm}$$

Maka penyaluran tulangan kondisi tekan sebesar 705.714 mm  $\approx$  750 mm

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan :

Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan

kawat

ulir dalam kondisi tekan ( $l_{dc}$ ) tidak boleh kurang dari 200mm. Diambil terbesar antara :

$$l_{dc} = \frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} \times d_b \text{ dan}$$

$$l_{dc} = 0.034 f_y \times d_b$$

*(SNI 2847-2013 pasal 12.3.2)*

Kontrol Persamaan :

$$l_{dc} = \frac{0,24 (390)}{1\sqrt{25}} \times 19$$

$$L_{dc} = 355.68 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{persamaan 1}$$

$$L_{dc} = 0.034 \times f_y \times d_b$$

$$L_{dc} = 0.034 \times 390 \times 19$$

$$L_{dc} = 251.94 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{persamaan 2}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\lambda_{\text{reduksi}} = \frac{A_s \text{ perlu} \times l_d}{A_s \text{ pasang}}$$

$$\lambda_{\text{reduksi}} = \frac{340.062 \times 355.68}{566.77}$$

$$\lambda_{\text{reduksi}} = 213.408 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$$

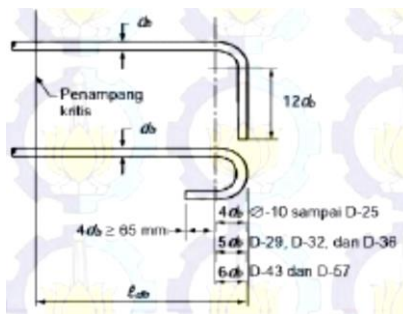
Maka penyaluran tulangan kondisi tekan sebesar 355.68 mm  $\approx$  400 mm

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi Tarik :

- Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar ( $l_{dh}$ ) tidak boleh kurang dari 8db dan 150mm.
- Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.5.2 Untuk batang tulangan ulir  $\lambda_d$  harus sebesar

$$l_{dh} = \frac{0,24 \Psi_e f_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

dengan  $\Psi_e$  diambil sebesar 1,2 untuk tulangan dilapisi epoksi, dan  $\lambda$  diambil sebesar 0,75 untuk beton ringan. Untuk kasus lainnya,  $\Psi_e$  dan  $\lambda$  harus diambil sebesar 1,0.



**Gambar 4.58 detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standart**



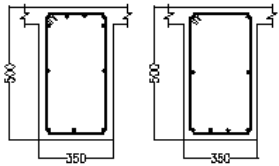
Kontrol Persamaan :

$$\lambda_{dc} = \frac{0,24 \cdot 1 \cdot (390)}{1\sqrt{25}} \times 19$$
$$l_{dc} = 355.68 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

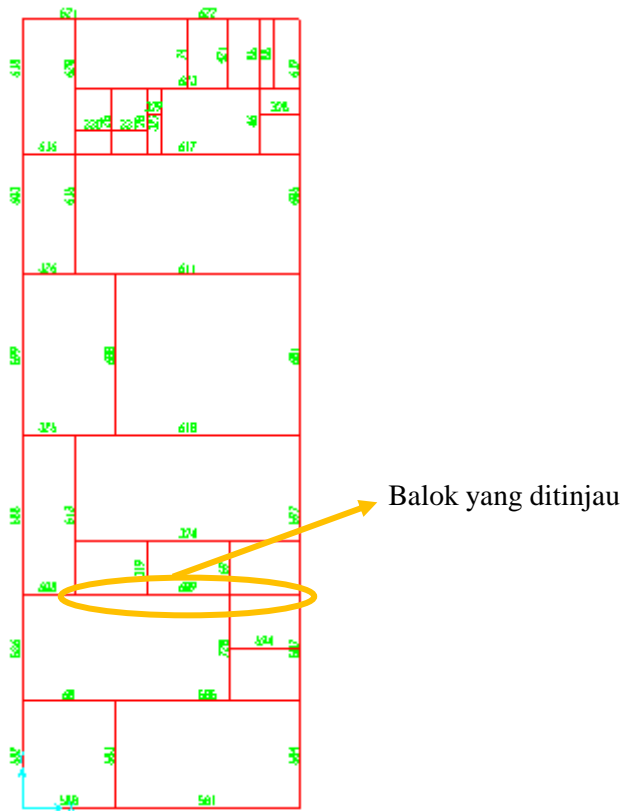
$$\lambda_{\text{reduksi}} = \frac{A_s \text{ perlu} \times l_d}{A_s \text{ pasang}}$$
$$\lambda_{\text{reduksi}} = \frac{776.662 \times 355.68}{1133.54}$$
$$\lambda_{\text{reduksi}} = 243.699 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$$

Maka penyaluran tulangan kondisi tekan sebesar 355.68 mm  $\approx$  400 mm

TYPE	B4 AS 1'(D-C) (350-500)	
KETERANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
	TUL ATAS	6 D19
	TUL BAWAH	3 D19
	SENGKANG	2 Ø10-100
	TUL TENGAH	2 D13

**Gambar 4.59** gambar detail penampang balok

#### 4.4.2.3 Perhitungan Tulangan Balok Sloof



**Gambar 4.60 Denah Penulangan Balok Sloof (BS)**

➤ **Data perencanaan**

Tipe balok	: BS
AS balok yang di tinjau	: C (1-2')
Bentang balok	: 10500 mm
Dimensi Balok (b balok)	: 450mm
Dimensi Balok (h balok)	: 700 mm

Kuat Tekan Beton ( $f_c'$ )	: 25 N/mm <sup>2</sup>
Kuat Leleh Tul. Lentur ( $f_y$ )	: 390 N/mm <sup>2</sup>
Kuat Leleh Tul. Geser ( $f_{yt}$ )	: 240 N/mm <sup>2</sup>
Diameter Tulangan Lentur	: D22
Diameter Tulangan Geser	: $\phi$ 10
Diameter Tulangan Puntir	: $\phi$ 13
Tebal selimut beton (t decking)	: 40 mm
<i>(SNI 2847:2013, Pasal 10.2.7.(1))</i>	
Jarak spasi tulangan sejajar	: 25 mm
<i>(SNI 2847:2013, Pasal 7.6.1)</i>	
Jarak spasi tulangan antar lapis	: 25 mm
<i>(SNI 2847:2013, Pasal 7.6.1)</i>	
Faktor $\beta_1$	: 0,85
<i>(SNI 2847:2013, Pasal 10.2.7 (3))</i>	
Faktor reduksi kekuatan lentur ( $\phi$ )	: 0,8
<i>(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(1))</i>	
Faktor reduksi kekuatan geser ( $\phi$ )	: 0,75
<i>(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3))</i>	
Faktor reduksi kekuatan puntir ( $\phi$ )	: 0,75
<i>(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3))</i>	

Maka perhitungan tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{decking} - \phi_{\text{tul. sengkang}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tul. lentur}} \\
 &= 700 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} 22 \text{ mm} = 639 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= \text{decking} + \phi_{\text{sengkang}} + \frac{1}{2} \phi_{\text{tul lentur}} \\
 &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \frac{1}{2} 22 \text{ mm} \\
 &= 61 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### ➤ Perhitungan Tulangan Balok Sloof

Dalam perhitungan balok didapatkan gaya dalam dan diagram gaya dari analisa program SAP 2000 yang memodelkan struktur bangunan yang ditinjau. Pada hasil

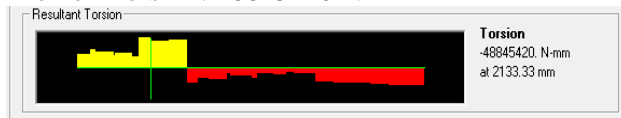


output analisa SAP 2000 digunakan data yang menunjukkan analisa gaya terbesar dari semua frame balok pada stuktur bangunan, sehingga didapatkan pada frame4 pemodelan SAP 2000 dengan kombinasi pembebanan  $1.2D + 1.0E_y + 0.3E_x + 1L$  dan berikut adalah hasil output analisa dari program SAP 2000 :

### Hasil Output Torsi

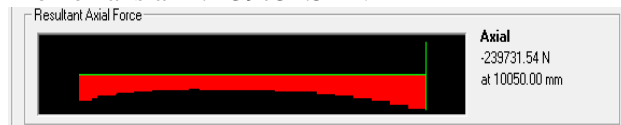
Kombinasi :  $1.2D + 1.6 L$

Momen Torsi : 48845420 Nmm



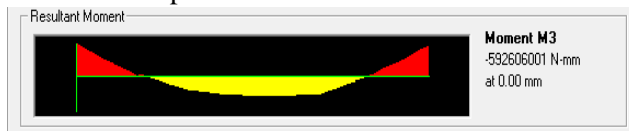
**Gambar 4.61 Hasil sap output gaya torsi (BS)**

Momen aksial : 239731.54 N



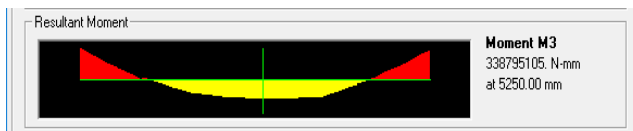
**Gambar 4.62 Hasil sap output gaya aksial (BS)**

Momen Tumpuan Kiri : 592606001 Nmm



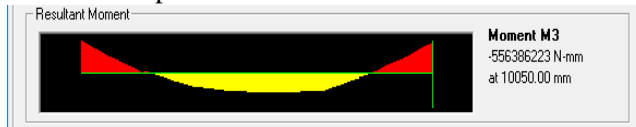
**Gambar 4.63 Hasil sap output gaya tumpuan kiri (BS)**

Momen Lapangan : 338795105 Nmm



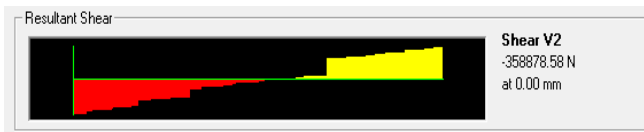
**Gambar 4.64 Hasil sap output gaya lapangan (BS)**

Momen Tumpuan Kanan : 556386223 Nmm



**Gambar 4.65 Hasil sap output gaya tumpuan kanan (BS)**

Momen Geser : 358878.58 N



**Gambar 4.66 Hasil sap output gaya geser (BS)**

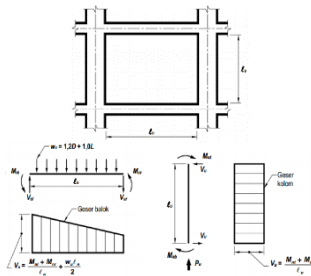
#### **Periksa gaya aksial pada balok :**

Balok harus memenuhi definisi komponen struktur lentur. Detail penulangan SRPMM harus memenuhi ketentuan-ketentuan SNI 03-2847-2013 pasal 21.3(2), bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak melebihi

$$0.1.A_g.F_c' = 0.1.(700.450).25 \\ = 787500 \text{ Nmm}$$

Berdasarkan analisa struktur SAP 2000, gaya aksial tekan akibat kombinasi 1.2D + 1.6L pada komponen struktur sebesar **239731.54 N < 787500 N**

Berdasarkan SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3 mengenai Ketentuan perhitungan penulangan balok dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).



**Gambar 4.67 Gaya Lintang Rencana Kmpnen BalOk Pada SRPMM**

❖ **Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap geser, lentur dan puntir.**

Ukuran balok yang dipakai 45cm x 70 cm

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang Beton :

$$\begin{aligned} A_{cp} &= B \text{ balok} \times H \text{ Balok} \\ &= 450 \text{ mm} \times 700 \text{ mm} \\ &= 315000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Perimeter luar irisan penampang beton  $A_{cp}$  :

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b \text{ balok} + h \text{ balok}) \\ &= 2 \times (450 + 700) \\ &= 2300 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas penampang dibatasi AS tulangan sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - 2 \Phi_{geser}) \times (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - 2 \Phi_{geser}) \\ &= 350 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} \\ &= 210000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi AS tulangan sengkang

$$\begin{aligned} \text{Poh} &= 2 \times [(\text{bbalok} - 2 \cdot \text{tdecking} - 2\Phi_{\text{geser}}) + (\text{hbalok} \\ &\quad - 2 \cdot \text{tdecking} - 2\Phi_{\text{geser}})] \\ &= 2 \times 950 \text{ mm} \\ &= 1900 \text{ mm} \end{aligned}$$

➤ **Perhitungan Tulangan Puntir :**

Berdasarkan hasil out put diagram torsi pada SAP diperoleh momen puntir terbesar :

Momen Puntir Ultimate

Akibat kombinasi : 1.2D + 1.6L

$$T_u = 48845420 \text{ Nmm}$$

Momen Puntir Nominal

$$T_n \geq \frac{T_u}{\phi} \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.5})$$

$$T_n = \frac{48845420 \text{ Nmm}}{0.75} = 65127226.67 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor  $T_u$  besarnya kurang dari beberapa kondisi

$$T_{u_{\min}} = 0.083\lambda \sqrt{f_c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$\begin{aligned} T_{u_{\min}} &= 0.75 \cdot 0.083 \times \sqrt{25} \times \left( \frac{315000^2}{2300} \right) \\ T_{u_{\min}} &= 13427730.98 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimum  $T_u$  diambil sebesar

$$T_{u_{\max}} = 0.33\lambda \sqrt{f_c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_{u_{\max}} = 0.75 \cdot 0.33 \times \sqrt{25} \times \left( \frac{315000^2}{2300} \right)$$

$$T_{u_{\max}} = 53387364.13 \text{ Nmm}$$

Cek Pengaruh Puntir :

$$T_u > T_{\text{tulin}}$$

$$48845420 \text{ Nmm} < 13427730.98 \text{ Nmm} \text{ (Butuh puntir)}$$

*Jadi, penampang balok memerlukan penulangan puntir berupa tulangan memanjang.*

#### ❖ **Tulangan Puntir untuk lentur**

Tulangan longitudinal tambahan untuk menahan puntir diatur pada (SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.7) direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$A_l = \frac{A_t}{s} p h \frac{f_{yt}}{f_y} \cot^2 \phi$$

Dengan  $\frac{A_t}{s}$  dihitung sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6 berasal dari persamaan di bawah :

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times f_{yt}}{s} \cot \phi$$

Untuk beton non prategang  $\phi = 45$

$$\begin{aligned} \text{Dimana, } A_o &= 0,85 \times A_{oh} \\ &= 0,85 \times 210000 \\ &= 178500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times f_{yt} \times \cot \phi}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{65127226.67 \text{ Nmm}}{2 \times 21000 \times 240 \times \cot 45}$$

$$\frac{A_t}{s} = 1.046 \text{ mm}$$

Sehingga tulangan puntir untuk lentur :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times P_{oh} \times \left( \frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \theta$$

$$A_l = 1.046 \times 1900 \text{ mm} \times \left( \frac{240 \text{ Mpa}}{390 \text{ Mpa}} \right) \times \cot^2 45$$

$$A_l = 757.881 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.5.3 tulangan torsi longitudinal minimum harus diambil dengan ketentuan :

$$\frac{A_t}{s} \geq \frac{0,175 \times B_w}{F_{yt}} \quad \frac{A_t}{s} \geq \frac{0,175 \times 450}{240}$$

$$1.046 \geq 0.328 \Rightarrow \text{maka } A_t/s \text{ diambil} = 1.046$$

Maka nilai  $A_{l\min}$  :

$$A_{l\min} = \frac{0,42 \sqrt{f_c'} A_{cp}}{f_y} - \left( \frac{A_t}{s} \right) P_h \frac{f_{yt}}{f_y}$$

$$A_{l\min} = \frac{0,42 \sqrt{25} 315000}{390} - (1.046) 1900 \frac{240}{390}$$

$$A_{l\min} = 1696.15 \text{ mm}^2 - 1224 \text{ mm}^2$$

$$A_{l\min} = 472.504 \text{ mm}^2$$

Kontrol penggunaan  $A_l$  dengan 2 kondisi yaitu :

$A_l \text{ perlu} \leq A_{l\min} \Rightarrow \text{digunakan } A_{l\min}$

$A_l \text{ perlu} \geq A_{l\min} \Rightarrow \text{digunakan } A_l \text{ perlu}$

*Sehingga :*

$$A_l \text{ perlu} \geq A_{l\min}$$

$$757.881 \text{ mm}^2 \geq 472.504 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan  $A_l$  sebesar  $A_l \text{ perlu} = 757.881 \text{ mm}^2$

Luasan tulangan puntir dibagikan ke 4 sisi pada penampang balok :

$$A_l / 4 = 757.881 / 4 = 189.5 \text{ mm}^2$$

Penyebaran tulangan puntir dibagikan pada setiap sisi penampang balok :

Pada sisi atas : disalurkan pada tul. Tarik balok  
 Pada sisi bawah : disalurkan pada tul. Tekan balok

Direncanakan tulangan diameter 16, maka jumlah tulangan puntir :

$$n = A_l / A_{Tul}$$

$$n = 189.5 / 132.665$$

$$n = 1.4 \approx 2 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} A_l \text{ pasang} &= n \times \text{luasan tul. Puntir} \\ &= 2 \times 132.665 \\ &= 265.33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol : As pasang} &> \text{As Perlu} \\ 265.33 \text{ mm}^2 &> 189.5 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

*Maka tulangan puntir yang digunakan : 2 D 13*

#### ➤ **Perhitungan Tulangan Lentur**

Garis netral dalam kondisi balance :

$$X_b = \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \times d \quad X_b = \left( \frac{600}{600 + 390} \right) \times 639$$

$$X_b = 387.3 \text{ mm}$$

Garis Netral Maksimum :

$$X_{\max} = 0.75 \times X_b = 0.75 \times 387.3 = 290.5 \text{ mm}$$

Garis Netral Minimum :

$$X_{\min} = d' = 61 \text{ mm}$$

Garis netral rencana :

$$X_{\text{rencana}} = 180 \text{ mm}$$

Komponen beton tertekan :

$$\begin{aligned} C_c' &= 0.85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}} \\ &= 0.85 \times 25 \times 450 \times 0.8 \times 180 \\ &= 1377000 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas tulangan Tarik :

$$A_{sc} = Cc' / F_y = 1377000 / 390 = 3530.769 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$M_{nc} = A_{sc} \times F_y \times \left( d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 3530.769 \times 390 \times \left( 639 - \frac{0.8 \times 180}{2} \right)$$

$$= 780759000 \text{ Nmm}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= \frac{0.85 \times 0.85 \times 25}{390} \times \frac{600}{600 + 390}$$

$$= 0.0281$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times \rho_b = 0.021$$

$$\rho_{min} = 1.4 / 390 = 0.00358$$

Daerah Tumpuan Kanan :

Diambil momen terbesar, akibat dari kombinasi beban  
1.2D+ 1.6L :

$$M_u \text{ tumpuan} = 556386223 \text{ Nmm}$$

Momen Lentur nominal :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{556386223}{0.8} = 695482778.8 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap, dengan syarat :

$$M_{ns} > 0 \text{ (perlu tulangan lentur tekan)}$$

$$M_{ns} \leq 0 \text{ (tidak perlu tulangan lentur tekan)}$$

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 695482778.8 - 780759000$$

$$= -85276221 \text{ Nmm} < 0$$

(tidak perlu tulangan lentur tekan)



*Sehingga tidak perlu tulangan lentur tekan rangkap dan perencanaan selanjutnya tulangan lentur tunggal*

Perencanaan Penulangan Lentur Tunggal :

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{695482778.8}{450 \times 408321} = 3.785$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{390}{0.85 \times 25} = 18.353$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n \times m}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 3.785 \times 18.353}{390}} \right) = 0.011$$

cek syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0.0036 < 0.011 < 0.0021 \text{ (Memenuhi)}$$

Luasan perlu (As perlu tulangan Lentur tarik)

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.011 \times 450 \times 639 \\ &= 3096.797 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka luasnya pun bertambah besar :

$$\text{As perlu} = 3096.797 + 189.5 = 3286.269 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

Diameter tulangan pakai : D22

$$\text{Luasan tulangan} : 0.25 \times 3.14 \times 22^2 = 379.94 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan Tarik} : \frac{\text{Asperlu}}{\text{Luasan}} = \frac{3286.269}{379.94} = 8.649$$

sehingga digunakan : 9 buah

Cek :

Luasan tulangan lentur tarik pasang (sisi atas)

As pasang > As perlu

$379.94 \times 9 > 3096.797$

$3419.46 > 3096.797$  (Memenuhi)

$As' = 0.3 \times As \text{ perlu}$

$= 0.3 \times 3096.797 = 1025.838 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah)

Jumlah tulangan tekan :  $\frac{As_{\text{perlu}}}{Luasan} = \frac{1025.838}{379.94} = 2.7$

sehingga digunakan : 5 buah

Cek :

Luasan tulangan lentur tarik pasang (sisi atas)

As pasang > As perlu

$379.94 \times 5 > 1025.838$

$1899.7 > 1025.838$  (Memenuhi)

Kontrol jarak spasi tulangan :

Syarat :

$Smaks \geq S \text{ sejajar} = 25 \text{ mm} \Rightarrow$  susun 1 lapis

$Smaks \leq S \text{ sejajar} = 25 \text{ mm} \Rightarrow$  susun lebih dari satu lapis

Kontrol tulangan Tarik :

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= \frac{B - 2t - 2\phi - n_{tul} \text{ geser} \times n \times \phi_b}{n - 1} \\
 &= \frac{450 - 2(40) - 2(10) - 9 \times 22}{9 - 1} \\
 &= 19 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat =  $19 \text{ mm} \geq S \text{ sejajar} = 25 \text{ mm} \Rightarrow$  susun lebih dari satu lapis

Kontrol Tulangan tekan :

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= \frac{B - 2t - 2\phi - n_{tul} \text{ geser} \times n \times \phi_b}{n - 1} \\
 &= \frac{450 - 2(40) - 2(10) - 5 \times 22}{5 - 1} \\
 &= 60 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat =  $60 \text{ mm} \geq S \text{ sejajar} = 25 \text{ mm} \Rightarrow$  susun lebih dari satu lapis

Karena syarat jarak sejajar antar tulangan pada tulangan lentur tarik belum terpenuhi, maka tulangan dipasang 2 lapis

Kontrol tulangan 1 lapis :

$$\begin{aligned}
 S_{tarik} &= \frac{B - 2t - 2\phi - n_{tul} \text{ geser} \times n \times \phi_b}{n - 1} \\
 &= \frac{450 - 2(40) - 2(10) - 5 \times 22}{5 - 1} \\
 &= 60 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$S_{maks} \geq S \text{ sejajar}$  (Memenuhi)

Kontrol tulangan 2 lapis :

$$\begin{aligned}
 S_{tarik} &= \frac{B - 2t - 2\phi - n_{tul} \text{ geser} \times n \times \phi_b}{n - 1} \\
 &= \frac{450 - 2(40) - 2(10) - 4 \times 22}{4 - 1} \\
 &= 87.33 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$S_{maks} \geq S \text{ sejajar}$  (Memenuhi)

### **Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur**

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur lapangan (-)}}$$

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan peninjauan tulangan pasang :

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 9 (0.25 \times 3.14 \times 22^2) \\ &= 3419.46 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 5 (0.25 \times 3.14 \times 22^2) \\ &= 1899.7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur lapangan (-)}}$$

$$3419.46 \text{ mm}^2 \geq 1/3 \times 3419.46 \text{ mm}^2$$

$$3419.46 \text{ mm}^2 \geq 1399.82 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

### **Kontrol kemampuan penampang :**

$$\text{As pakai tul. Tarik} = 9D22 = 3419.46 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tul. Tarik} = 5D22 = 1899.7 \text{ mm}^2$$

$$\alpha = \frac{\text{As} \times f_y}{0.85 \times f_c' \times b} = \frac{3419.46 \times 390}{0.85 \times 25 \times 450} = 139.460 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0.85 \times f_c' \times b \times \alpha \\ &= 0.85 \times 25 \times 450 \times 139.460 = 1333589.4 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= \text{As pakai} \times f_y \\ &= 3419.46 \times 390 = 1333589.4 \text{ N} \end{aligned}$$

$$M_n = \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d'))$$

$$M_n = \left( 1333589.4 \times \left( 639 - \frac{639 - 61}{2} \right) \right) + (1333589.4 \times (639 - 61))$$

$$M_n = 1529986891 \text{ Nmm}$$

$$\begin{array}{ll} M_n \text{ pasang} & \geq M_n \text{ perlu} \\ 0.9(1529986891) & \geq 695482778.8 \\ 1376988202 & \geq 695482778.8 \text{ (**Memenuhi**)} \end{array}$$

*Maka dipasang tulangan lentur balok BS (45/70) as C (1-2') untuk daerah tumpuan kanan sebagai berikut :*

Tulangan lentur tarik susun 2 lapis :

Lapis 1 : 5D22

Lapis 2 : 4D22

Tulangan lentur tekan susun 1 lapis :

Lapis 1 : 5D22

### **Daerah Tumpuan Kiri :**

Diambil momen terbesar, akibat dari kombinasi  
 $1.2D + 1.6L$

$$M_u \text{ Tumpuan} = 592606001 \text{ Nmm}$$

Momen Lentur Nominal

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{592606001}{0.8} = 740757501.3 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap, dengan syarat :

$$M_{ns} > 0 \text{ (perlu tulangan lentur tekan)}$$

$$M_{ns} \leq 0 \text{ (tidak perlu tulangan lentur tekan)}$$

$$\begin{aligned} M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 740757501.3 - 780759000 \\ &= -40001499 \text{ Nmm} < 0 \end{aligned}$$

(tidak perlu tulangan lentur tekan)

*Sehingga tidak perlu tulangan lentur tekan rangkap dan perencanaan selanjutnya tulangan lentur tunggal*

Perencanaan Penulangan Lentur Tunggal :

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{740757501.3}{450 \times 639^2} = 4.031$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{390}{0.85 \times 25} = 18.353$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n \times m}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 4.031 \times 18.353}{390}} \right) = 0.012$$

cek syarat :

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0.0036 < 0.012 < 0.0021 \text{ (Memenuhi)}$$

Luasan perlu (As perlu tulangan Lentur tarik)

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.012 \times 350 \times 639 \\ &= 3325.3005 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka luasnya pun bertambah besar :

$$A_s \text{ perlu} = 3325.301 + 189.7 = 3514.771 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

Diameter tulangan pakai : D22

$$\text{Luasan tulangan} : 0.25 \times 3.14 \times 22^2 = 379.94 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan Tarik} : \frac{A_{\text{perlu}}}{A_{\text{luasan}}} = \frac{3514.771}{379.94} = 9.251$$

sehingga digunakan : 9 buah

Cek :

Luasan tulangan lentur tarik pasang (sisi atas)

As pasang &gt; As perlu

$$379.94 \times 9 > 3325.301$$

$$3419.46 > 3325.301 \text{ (Memenuhi)}$$

$$A_s' = 0.3 \times A_s \text{ perlu}$$

$$= 0.3 \times 3419.46 = 1025.838 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah)

$$\text{Jumlah tulangan tekan} : \frac{A_{\text{perlu}}}{A_{\text{luasan}}} = \frac{1025.838}{379.94} = 2.7$$

sehingga digunakan : 5 buah

Cek :

Luasan tulangan lentur tarik pasang (sisi atas)

As pasang &gt; As perlu

$$379.94 \times 5 > 1025.838$$

$$1899.7 > 1025.838 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol jarak spasi tulangan :

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S \text{ sejajar} = 25 \text{ mm} \Rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S \text{ sejajar} = 25 \text{ mm} \Rightarrow \text{susun lebih dari satu lapis}$$

Kontrol tulangan Tarik :

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= \frac{B - 2t - 2\phi - n_{tul} \text{ geser} \times n \times \phi_b}{n - 1} \\
 &= \frac{450 - 2(40) - 2(10) - 9 \times 22}{9 - 1} \\
 &= 19 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat =  $19 \text{ mm} \geq S \text{ sejajar} = 25 \text{ mm} \Rightarrow$  susun lebih  
dari satu lapis

Kontrol Tulangan tekan :

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &= \frac{B - 2t - 2\phi - n_{tul} \text{ geser} \times n \times \phi_b}{n - 1} \\
 &= \frac{450 - 2(40) - 2(10) - 5 \times 22}{5 - 1} \\
 &= 60 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat =  $60 \text{ mm} \geq S \text{ sejajar} = 25 \text{ mm} \Rightarrow$  susun lebih  
dari satu lapis

Karena syarat jarak sejajar antar tulangan pada tulangan lentur tarik belum terpenuhi, maka tulangan dipasang 2 lapis

Kontrol tulangan 1 lapis :

$$\begin{aligned}
 S_{tarik} &= \frac{B - 2t - 2\phi - n_{tul} \text{ geser} \times n \times \phi_b}{n - 1} \\
 &= \frac{450 - 2(40) - 2(10) - 5 \times 22}{5 - 1} \\
 &= 60 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$S_{maks} \geq S \text{ sejajar}$  (Memenuhi)

Kontrol tulangan 2 lapis :

$$\begin{aligned}
 S_{tarik} &= \frac{B - 2t - 2\phi - n_{tul} \text{ geser} \times n \times \phi_b}{n - 1} \\
 &= \frac{450 - 2(40) - 2(10) - 4 \times 22}{4 - 1} \\
 &= 87.33 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$S_{maks} \geq S \text{ sejajar}$  (Memenuhi)



### **Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur**

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur lapangan (-)}}$$

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan peninjauan tulangan pasang :

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 9 (0.25 \times 3.14 \times 22^2) \\ &= 3419.46 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 5 (0.25 \times 3.14 \times 22^2) \\ &= 1899.7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur lapangan (-)}}$$

$$1899.7 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 3419.46 \text{ mm}^2$$

$$1899.7 \text{ mm}^2 \geq 1139.82 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

### **Kontrol kemampuan penampang :**

$$\text{As pakai tul. Tarik} = 9D22 = 3419.46 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tul. Tarik} = 5D22 = 1899.7 \text{ mm}^2$$

$$\alpha = \frac{\text{As} \times f_y}{0.85 \times f_c' \times b} = \frac{3419.46 \times 390}{0.85 \times 25 \times 450} = 139.460 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0.85 \times f_c' \times b \times \alpha$$

$$= 0.85 \times 25 \times 450 \times 139.460 = 1333589.4 \text{ N}$$

$$Cs' = \text{As pakai} \times f_y$$

$$= 3419.46 \times 390 = 1333589.4 \text{ N}$$

$$M_n = \left( Cc' \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d'))$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \left( 1333589.4 \times \left( 639 - \frac{639 - 61}{2} \right) \right) \\
 M_n &= 1529986891 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n \text{ pasang} &\geq M_n \text{ perlu} \\
 0.9(1529986891) &\geq 695482778.8 \\
 1376988202 &\geq 695482778.8 \text{ (**Memenuhi**)}
 \end{aligned}$$

*Maka dipasang tulangan lentur balok BS (45/70) as C (1-2') untuk daerah tumpuan kanan sebagai berikut :*

Tulangan lentur tarik susun 2 lapis :

Lapis 1 : 5D22

Lapis 2 : 4D22

Tulangan lentur tekan susun 1 lapis :

Lapis 1 : 5D22

### **Daerah Lapangan:**

Diambil momen terbesar, akibat dari kombinasi

$$1.2D + 1.6L$$

$$M_u \text{ lapangan} = 338795105 \text{ Nmm}$$

### **Momen Lentur Nominal**

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{338795105}{0.8} = 423493881.3 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap, dengan syarat :

$$M_{ns} > 0 \text{ (perlu tulangan lentur tekan)}$$

$$M_{ns} \leq 0 \text{ (tidak perlu tulangan lentur tekan)}$$

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 423493881.3 - 780759000$$

$$= -357265119 \text{ Nmm} < 0$$

(tidak perlu tulangan lentur tekan)

*Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal*

Perencanaan Penulangan Lentur Tunggal :

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{423493881.3}{450 \times 408321} = 2.305$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{390}{0.85 \times 25} = 18.353$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n \times m}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{18.353} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2.305 \times 18.353}{390}} \right) = 0.007$$

cek syarat :

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} &< \rho_{\max} \\ 0.0036 &< 0.007 &< 0.0021 \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.007 \times 450 \times 639 \\ &= 1803.099 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka lusannya pun bertambah besar.

$$A_s \text{ perlu} = 1803.099 + 189.7 = 1992.567 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

Pakai tulangan : D22

$$\text{Luasan tulangan} : 0.25 \times 3.14 \times 22^2 = 379.94 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan Tarik} : \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luasan}} = \frac{1992.567}{379.94} = 5.244$$

sehingga digunakan : 5 buah

Cek :

Luasan tulangan lentur tarik pasang (sisi atas)

As pasang > As perlu

$379.94 \times 5 > 1803.099$

$1899.7 > 1803.099$  (Memenuhi)

$As' = 0.3 \times As$

$= 0.3 \times 1899.7 = 569.91 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan lentur tekan pakai (sisi bawah)

Jumlah tulangan tekan :  $\frac{As_{perlu}}{Luasan} = \frac{569.91}{379.94} = 1.5$

sehingga digunakan : 3 buah

Luasan tulangan lentur tarik pasang (sisi bawah)

As pasang > As perlu

$379.94 \times 3 > 569.91$

$1139.82 > 569.91$  (Memenuhi)

Kontrol jarak spasi tulangan :

Syarat :

$Smaks \geq S \text{ sejajar} = 25 \text{ mm} \Rightarrow$  susun 1 lapis

$Smaks \leq S \text{ sejajar} = 25 \text{ mm} \Rightarrow$  susun lebih dari satu lapis

Kontrol tulangan Tarik :

$$\begin{aligned} Smaks &= \frac{B - 2t - 2\phi - ntul \text{ geser} \times n \times \Phi b}{n - 1} \\ &= \frac{450 - 2(40) - 2(10) - 5 \times 22}{5 - 1} \\ &= 60 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat  $= 60 \geq S \text{ sejajar} = 25 \text{ mm} \Rightarrow$  susun satu lapis

Kontrol Tulangan tekan :

$$\begin{aligned} \text{Smaks} &= \frac{B - 2t - 2\phi - n_{tul} \text{ geser} \times n \times \Phi b}{n - 1} \\ &= \frac{450 - 2(40) - 2(10) - 3 \times 22}{3 - 1} \\ &= 142 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat =  $142 \geq S$  sejajar = 25 mm  $\Rightarrow$  susun 1 lapis  
 Karena syarat jarak sejajar antar tulangan pada tulangan lentur tarik dan terpenuhi namun untuk kemudahan pekerjaan, maka tulangan dipasang 2 lapis

Kontrol tulangan 1 lapis :

$$\begin{aligned} \text{Starik} &= \frac{B - 2t - 2\phi - n_{tul} \text{ geser} \times n \times \Phi b}{n - 1} \\ &= \frac{450 - 2(40) - 2(10) - 5 \times 22}{5 - 1} \\ &= 60 \text{ mm} \end{aligned}$$

Smaks  $\geq S$  sejajar (Memenuhi)

### **Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur**

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur lapangan (-)}}$$

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan peninjauan tulangan pasang :

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } D \text{ lentur} \\ &= 5 (0.25 \times 3.14 \times 22^2) \end{aligned}$$

$$= 1899.7 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 3 (0.25 \times 3.14 \times 22^2) \\ &= 1139.82 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Mlentur tumpuan (+)} \geq \frac{1}{3} \times \text{Mlentur lapangan (-)}$$

$$1139.82 \text{ mm}^2 \geq 1/3 \times 1899.7 \text{ mm}^2$$

$$1139.82 \text{ mm}^2 \geq 633.23 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol kemampuan penampang :

$$\text{As pakai tul. Tarik} = 5\text{D}22 = 1899.7 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tul. Tarik} = 3\text{D}22 = 1139.8 \text{ mm}^2$$

$$\alpha = \frac{\text{As} \times f_y}{0.85 \times f_c' \times b} = \frac{1899.7 \times 390}{0.85 \times 25 \times 450} = 77 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Cc'} &= 0.85 \times f_c' \times b \times \alpha \\ &= 0.85 \times 25 \times 450 \times 77 = 740883 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cs'} &= \text{As pakai} \times f_y \\ &= 1899.7 \times 390 = 740883 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\text{Mn} = \left( \text{Cc'} \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \right) + (\text{Cs'} \times (d - d'))$$

$$\begin{aligned} \text{Mn} &= \left( 740883 \times \left( 639 - \frac{639 - 77}{2} \right) \right) \\ &\quad + (740883 \times (639 - 61)) \end{aligned}$$

$$\text{Mn} = 872953559 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mn pasang} \geq \text{Mn perlu}$$

$$0.9(872953559) \geq 423493881.3$$

$$785658203.1 \geq 423493881.3 \text{ (Memenuhi)}$$

*Maka dipasang tulangan lentur balok BS (45/70) as C (1-2') untuk daerah tumpuan kanan:*

Tulangan lentur tarik susun 1 lapis :

Lapis 1 : 5D22

Tulangan lentur tarik susun 1 lapis :

Lapis 1 : 3D22

➤ **Perhitungan Tulangan Geser :**

Data Perencanaan balok sebagai berikut:

Dimensi balok (b balok)	= 450 mm
Dimensi balok (h balok)	= 700 mm
Diameter tulangan geser	= 10 mm
$f_c'$	= 25 N/mm <sup>2</sup>
$f_y$	= 240 N/mm <sup>2</sup>
$\beta_1$	= 0,85
<i>(SNI 2847:2013, Pasal 10.2.7 (3))</i>	
$\phi_{reduksi}$	= 0,75
<i>(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3))</i>	

Dalam analisa perhtiungan tulangan lentur didapatkan tulangan lentur pada tumpuan kiri dan tumpuan kanan sebagai berikut :

Momen tumpuan kiri :

$$\begin{aligned} \text{As pakai tulangan Tarik : 9D22} &= 0.25 \times \pi \times d^2 \times 8 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 22^2 \times 9 \\ &= 3419.46 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai tulangan Tekan : 5D22} &= 0.25 \times \pi \times d^2 \times 8 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 22^2 \times 5 \\ &= 1899.7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\alpha = \frac{\text{As tul tekan} \times f_y}{0.85 \times f_c' \times b} = \frac{3419.46 \times 390}{0.85 \times 25 \times 450} = 139.460$$

$$\begin{aligned} \text{Mnl} &= \text{As}_{\text{tul Tarik}} \times f_y \times \frac{d-a}{2} \\ \text{Mnl} &= 1899.7 \times 390 \times \frac{639-77.478}{2} \\ &= 759172218.1 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

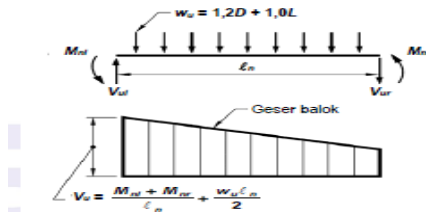
Momen tumpuan kanan :

$$\begin{aligned}\text{As pakai tulangan Tarik : } 9D22 &= 0.25 \times \pi \times d^2 \times 8 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 22^2 \times 9 \\ &= 3419.46 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As pakai tulangan Tekan : } 5D22 &= 0.25 \times \pi \times d^2 \times 8 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 22^2 \times 5 \\ &= 1899.7 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\alpha = \frac{\text{As tul tekan} \times f_y}{0.85 \times f_c' \times b} = \frac{1899.7 \times 390}{0.85 \times 25 \times 450} = 77.478$$

$$\begin{aligned}M_{nr} &= A_{s\text{tul Tarik}} \times f_y \times \frac{d-a}{2} \\ M_{nr} &= 1899.7 \times 390 \times \frac{639-77.478}{2} \\ &= 421762343.4 \text{ Nmm}\end{aligned}$$



**Gambar 4.68 Perencanaan Geser untuk balok SRPMM**

*Berdasarkan hasil SAP 2000 gaya terfaktor geser terbesar*

*berdasarkan kombinasi :*

$$1.2D + 1.6L \rightarrow V_u = 358878.58 \text{ N}$$

Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari

$$V_{u1} = \frac{M_{n1} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$



$$V_{u1} = \frac{M_{n1} + M_{nr}}{l_n} + V_u \quad (\text{SNI 2847-2013 pasal 21.3.3.1 (a)})$$

Dimana:

$V_{u1}$  : gaya geser pada muka perletakan

$M_{nl}$  : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)

$M_{nr}$  : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)

$l_n$  : panjang balok bersih

$$V_{u1} = \frac{M_{n1} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

$$V_{u1} = \frac{759172218.1 + 421762343.4}{10050} + 358878.58$$

$$V_{u1} = 476384.5 \text{ N}$$

Syarat kuat tekan beton ( $f_c'$ ) :

Menurut Nilai (SNI 2847-2013 pasal 11.1.2)  $\sqrt{f_c}$  yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3Mpa

$$\sqrt{f_c} < 8.3$$

$$5 < 8.33 \text{ (Memenuhi)}$$

Kuat geser beton :

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

Dengan  $\lambda = 1$  untuk beton normal (SNI 03-2847-2013 pasal 11.2.1.1)

Dengan  $\lambda = 1$  untuk beton normal

$$V_c = 0.17 \times 5 \times 450 \times 639$$

$$V_c = 244417.5 \text{ N}$$

Kuat geser tulangan geser :

$$V_{s \text{ min}} = \frac{1}{3} \times b \times d = 0.33 \times 450 \times 639$$

$$V_{s \text{ min}} = 95850 \text{ N}$$

$$V_s \max = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d = 0.33 \times 5 \times 450 \times 639$$

$$V_s \max = 479250 \text{ N}$$

$$2V_s \max = 958500 \text{ N}$$

Pembagian Wilayah Geser Balok :

Wilayah pada daerah geser balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

- a. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom tengah bentang. (SNI 2847-2013 Pasal 21.3.4.2)
  - b. Wilayah 2 (daerah lapangan) dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke setengah bentang balok.
- Penulangan geser balok :
- c. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan)  
 $V_{u1} = 476384.5 \text{ N}$

Cek kondisi :

- Kondisi 1  
 $V_u \leq 0.5 \times \phi \times V_c \rightarrow \text{tidak perlu tulangan geser}$   
 $476384.5 \leq 91656.56 \text{ (Tidak Memenuhi)}$
- Kondisi 2  
 $0.5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c \rightarrow \text{tulangan geser minimum}$   
 $91656.56 \leq 476384.5 \leq 183313.1 \text{ (Tidak Memenuhi)}$
- Kondisi 3  
 $\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times (V_c + V_{smin}) \rightarrow \text{tulangan geser minimum}$   
 $183313.1 \leq 476384.5 \leq 255200.6 \text{ (Tidak Memenuhi)}$
- Kondisi 4  
 $\phi \times (V_c + V_{smin}) \leq V_u \leq \phi \times (V_c + V_{smax})$   
 $255200.6 \leq 476384.5 \leq 255200.6 \text{ ( OK)}$

- Kondisi 5

$$\begin{aligned} \Phi x( V_c + V_s \min) &\leq V_u & \leq \phi (V_c + V_s \max) \\ 255200.6 &\leq 476384.5 & \leq 255200.6 \text{ ( OK)} \end{aligned}$$

Maka perencanaan tulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 4 :

$$V_s \text{ perlu} = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

$$V_s \text{ perlu} = \frac{476384.5 - 0.75 (244417.5)}{0.75}$$

$$V_s \text{ perlu} = 390761.8 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser D10 dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$A_v = 0.25 \times 3.14 \times 10^2 \times 2$$

$$A_v = 157.0796 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan geser (Sperlu) :

$$S \text{ perlu} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s \text{ perlu}} = \frac{157.0796 \times 240 \times 639}{390761.8}$$

$$S \text{ perlu} = 61.6 \approx 100 \text{ mm}$$

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok:**

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi

- $d/4$
- 8 x diameter tulangan longitudinal
- 24 x diameter sengkang

- 300 mm  
(SNI 2847-2013 Pasal 21.3.4(2))

Cek persyaratan :

- a)  $S_{pakai} < d/4$   
100mm < 159.75 mm (Memenuhi)
- b)  $S_{pakai} < 8 \times D_{lentur}$   
100mm < 176 mm (Memenuhi)
- c)  $S_{pakai} < 24 \times D_{sengkan}$   
100mm < 240 mm (Memenuhi)
- d)  $S_{pakai} < 300 \text{ mm}$   
100mm < 300 mm (Memenuhi)

Jadi, penulangan geser balok untuk balok B1(45/70) pada Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) dipasang  $\emptyset 10 - 100 \text{ mm}$  dengan sengkang 2 kaki.

d. Wilayah 2 (daerah lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segitiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{V_{u2}}{0,5 l_n - 2h} = \frac{V_{u1}}{0,5 l_n}$$

$$V_{u2} = \frac{V_{u1} \times (0,5 l_n - 2h)}{0,5 l_n}$$

$$V_{u2} = \frac{476384.5 \times (5025 - 1400)}{5025}$$

$$V_{u2} = 343660.465 \text{ N}$$

Cek kondisi :

- Kondisi 1  
 $V_u \leq 0.5 \times \phi \times V_c \rightarrow \text{tidak perlu tulangan geser}$   
 $343660.465 \leq 91656.56$  (Tidak Memenuhi)

- Kondisi 2  
 $0.5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c \rightarrow \text{tulangan geser minimum}$   
 $91656.56 \leq 343660.465 \leq 183313.1 (\text{Tidak Memenuhi})$
- Kondisi 3  
 $\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times (V_c + V_{smin}) \rightarrow \text{tulangan geser minimum}$   
 $183313.1 \leq 343660.465 \leq 255200.6 (\text{Tidak Memenuhi})$
- Kondisi 4  
 $\phi \times (V_c + V_{smin}) \leq V_u \leq \phi \times (V_c + V_{smax})$   
 $255200.6 \leq 343660.465 \leq 542750.6 (\text{OK})$
- Kondisi 5  
 $\phi \times (V_c + V_{smin}) \leq V_u \leq \phi \times (V_c + 2V_{smax})$   
 $542750.6 (\text{OK}) \leq 343660.465 \leq 902188.13 (\text{OK})$

Maka perencanaan tulangan geser balok diambil berdasarkan kondisi 4 :

$$V_s \text{ perlu} = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

$$V_s \text{ perlu} = \frac{343660.465 - 0.75 (244417.5)}{0.75}$$

$$V_s \text{ perlu} = 213796.5 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser D10 dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$A_v = 0.25 \times 3.14 \times 10^2 \times 2$$

$$A_v = 157.0796 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan geser (Sperlu) :

$$S \text{ perlu} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s \text{ perlu}} = \frac{157.0796 \times 240 \times 639}{213796.5}$$

$S_{\text{perlu}} = 113\text{mm} \approx 150\text{ mm}$

**Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok:**

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi

- $d/2$
- 8 x diameter tulangan longitudinal
- 24 x diameter sengkang
- 300 mm

*(SNI 2847-2013 Pasal 21.3.4(3))*

Cek persyaratan :

- |    |                    |                                   |
|----|--------------------|-----------------------------------|
| a. | $S_{\text{pakai}}$ | $< d/2$                           |
|    | 150mm              | $< 319.5\text{ mm}$ (Memenuhi)    |
| a. | $S_{\text{pakai}}$ | $< 8 \times D_{\text{lentur}}$    |
|    | 150mm              | $< 176\text{ mm}$ (Memenuhi)      |
| b. | $S_{\text{pakai}}$ | $< 24 \times D_{\text{sengkang}}$ |
|    | 150mm              | $< 240\text{mm}$ (Memenuhi)       |
| c. | $S_{\text{pakai}}$ | $< 300\text{ mm}$                 |
|    | 150mm              | $< 300\text{ mm}$ (Memenuhi)      |

*Jadi, penulangan geser balok untuk balok B1(45/70) pada Wilayah 2 (daerah lapangan ) dipasang  $\varnothing 10 - 150\text{ mm}$  dengan sengkang 2 kaki.*

➤ **Perhitungan Panjang Penyaluran Dan Kontrol Retak**

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing masing penampang melalui penyaluran tulangan. Adapun perhitungan

penyaluran tulangan berdasarkan (*SNI 03-2847-2013 pasal 12*)

- **Panjang penyaluran dalam kondisi Tarik :**
  - Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan (*SNI 03-2847-2013 pasal 12.2* )
  - Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir ( $\lambda_d$ ) tidak boleh kurang dari 300mm. (*SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.1*)
  - Untuk panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dapat dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2013 tabel pada pasal 12.2* sebagai berikut

**Tabel 4. 26 Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir**

	Batang tulangan atau kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil	Batang tulangan D-22 dan yang lebih besar
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $d_b$ , selimut bersih tidak kurang dari $d_b$ , dan sengkang atau pengikat sepanjang $\lambda_d$ tidak kurang dari minimum Tata Cara atau	$\left( \frac{f_y \psi_s \psi_e}{z \cdot 1.4 f_c'} \right) d_b$	$\left( \frac{f_y \psi_s \psi_e}{1.74 f_c'} \right) d_b$
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut bersih tidak kurang dari $d_b$		
Kasus-kasus lain	$\left( \frac{f_y \psi_s \psi_e}{1.44 f_c'} \right) d_b$	$\left( \frac{f_y \psi_s \psi_e}{1.44 f_c'} \right) d_b$

Dimana,

$\lambda_d$  = panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

$d_b$  = diameter tulangan lentur yang dipakai

$\psi_t$  = faktor lokasi penulangan

$\psi_e$  = faktor pelapis

**Tabel 4.27 faktor lokasi dan faktor pelapis**

$\Psi_e$ faktor lokasi penulangan	
Tulangan horizontal yang ditempatkan sedemikian hingga lebih dari 300 mm beton segar dicor pada komponen di bawah panjang penyaluran atau sambungan yang ditinjau	1,3
Tulangan lain	1,0
$\Psi_g$ faktor pelapis	
Batang atau kawat tulangan berlapis epoksi dengan selimut beton kurang dari $3d_b$ atau spasi bersih kurang dari $6d_b$	1,5
Batang atau kawat tulangan berlapis epoksi lainnya	1,2
Tulangan tanpa pelapis	1,0

$\lambda$  = faktor beton agregat ringan  
= 1 (beton normal)

Perhitungan

$$\lambda_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{2,1\lambda\sqrt{f_c'}} \times db \quad (\text{SNI 2847-2013 pasal 12.2.2.2})$$

$$\lambda_d = \frac{390 \times 1 \times 1}{2,1 \times 1 \times \sqrt{25}} \times 22$$

$$\lambda_d = 817.143 \text{ mm} \approx 850 \text{ mm}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\lambda_{\text{reduksi}} = \frac{A_s \text{ perlu} \times \lambda_d}{A_s \text{ pasang}}$$

$$\lambda_{\text{reduksi}} = \frac{1803.099 \times 817.143}{1899.7}$$

$$\lambda_{\text{reduksi}} = 775.590 \text{ mm} \approx 800 \text{ mm}$$

Syarat :  $\lambda_d > 300 \text{ mm}$

$775.590 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$  (memenuhi)

Maka penyaluran tulangan kondisi tarik sebesar  $817.143 \text{ mm} \approx 850 \text{ mm}$



Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan :

Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi tekan ( $l_{dc}$ ) tidak boleh kurang dari 200mm. Diambil terbesar antara :

$$l_{dc} = \frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} \times d_b \text{ dan}$$

$$l_{dc} = 0.034 f_y \times d_b$$

(SNI 2847-2013 pasal 12.3.2)

Kontrol Persamaan :

$$l_{dc} = \frac{0,24 (390)}{1\sqrt{25}} \times 22$$

$$L_{dc} = 411.84 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{persamaan 1}$$

$$L_{dc} = 0.034 \times f_y \times d_b$$

$$L_{dc} = 0.034 \times 390 \times 22$$

$$L_{dc} = 291.72 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{persamaan 2}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\lambda_{\text{reduksi}} = \frac{A_s \text{ perlu} \times l_d}{A_s \text{ pasang}}$$

$$\lambda_{\text{reduksi}} = \frac{569.91 \times 411.84}{1139.82}$$

$$\lambda_{\text{reduksi}} = 205.92 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$$

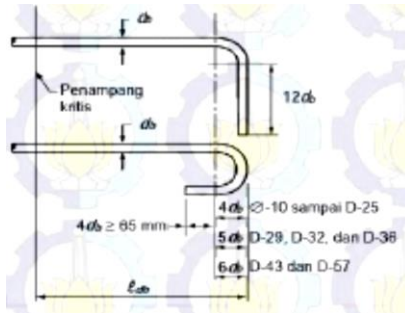
Maka penyaluran tulangan kondisi tekan sebesar  
411.84mm  $\approx$  450 mm

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi Tarik :

- Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar ( $l_{dh}$ ) tidak boleh kurang dari  $8d_b$  dan 150mm.
- Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.5.2 Untuk batang tulangan ulir  $\lambda_d$  harus sebesar

$$l_{dh} = \frac{0,24 \Psi_e f_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

dengan  $\psi_e$  diambil sebesar 1,2 untuk tulangan dilapisi epoksi, dan  $\lambda$  diambil sebesar 0,75 untuk beton ringan. Untuk kasus lainnya,  $\psi_e$  dan  $\lambda$  harus diambil sebesar 1,0.



**Gambar 4.69 detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standart**  
(SNI 2847-2013 pasal 15.5.1)

Kontrol Persamaan :

$$\lambda_{dc} = \frac{0,24 \cdot 1 \cdot (390)}{1\sqrt{25}} \times 22 \quad \lambda_{dc} = 411.84 \text{ mm}$$

syarat :  $\lambda_{dh} > 150 \text{ mm}$

$$411,84 \text{ mm} > 150 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

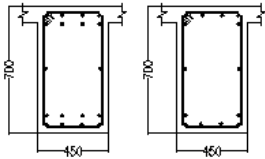
Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\lambda_{\text{reduksi}} = \frac{A_s \text{ perlu} \times l_d}{A_s \text{ pasang}}$$

$$\lambda_{\text{reduksi}} = \frac{1803.099 \times 411.84}{1899.7}$$

$$\lambda_{\text{reduksi}} = 390.898 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

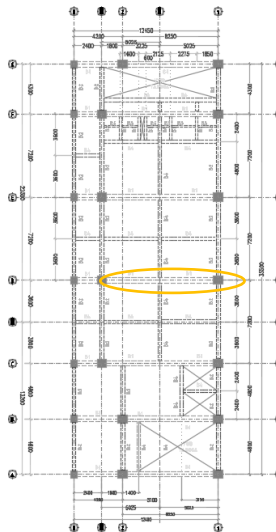
Maka penyaluran tulangan kondisi tekan sebesar 411,84 mm  $\approx$  450 mm

TYPE	BS AS 2(E-F) (450-700)	
KETERANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
	TUL. ATAS	8 D22
	TUL. BAWAH	6 D22
	SENGKANG	2 #10-100
TUL. TENGAH	2 D16	

**Gambar 4.70 detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standart**

➤ **Pengecekan Gaya pada Balok**

Pengecekan momen yang terjadi pada balok, dilakukan dengan mengecek pada balok lantai 5 sebagai berikut:



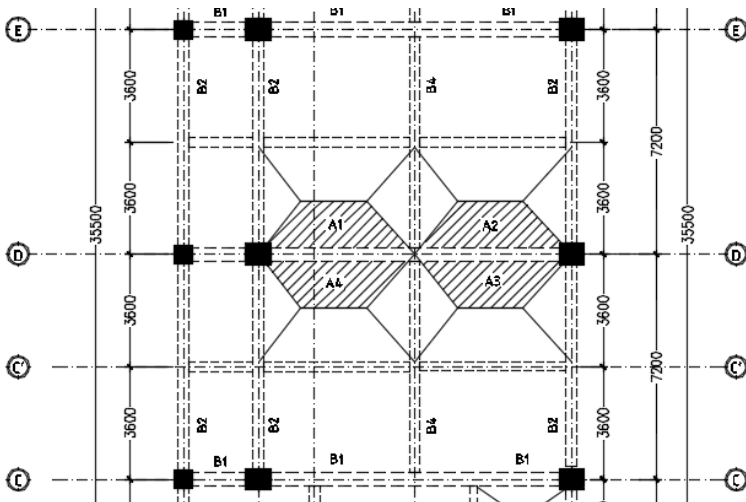
**Gambar 4.71 Balok yang Ditinjau**

Untuk gaya yang terjadi pada program bantu SAP 2000 v.14 pada balok yang ditinjau (frame 273) dengan momen yang terjadi (kombinasi 1,2D + 1,6L) adalah sebagai berikut:

Momen tumpuan = 41753.91 kg.m

Momen lapangan = 22838.78 kg.m

Untuk gaya yang terjadi dengan menggunakan perhitungan manual adalah sebagai berikut:



**Gambar 4.72 Tributary Area pada Balok yang Ditinjau**

$$A1 = (5.025 + 2.513) \cdot 1.8 \cdot \frac{1}{2} = 6.784 \text{ m}^2$$

$$A2 = (5.025 + 2.513) \cdot 1.8 \cdot \frac{1}{2} = 6.784 \text{ m}^2$$

$$A3 = (5.025 + 2.513) \cdot 1.8 \cdot \frac{1}{2} = 6.784 \text{ m}^2$$

$$A4 = (5.025 + 2.513) \cdot 1.8 \cdot \frac{1}{2} = 6.784 \text{ m}^2$$

$$A \text{ total} = A1 + A2 + A3 + A4 = 27.135 \text{ m}^2$$

$$\text{Bentang balok } (\ell_n) = 10.05 \text{ m}$$

a. Beban mati (DL):

- Berat sendiri pelat =  $0,12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 288 \text{ kg/m}^2$
  - Dinding bata ringan CITICON® =  $4.8 \text{ m} \times 70.5 \text{ kg/m}^2 = 338.4 \text{ kg/m}^2$
  - Keramik + spesi =  $27 \text{ kg/m}^2$
  - *Ducting mechanical* =  $19 \text{ kg/m}^2$
  - Plafon =  $6.4 \text{ kg/m}^2$
  - Penggantung langit-langit =  $6 \text{ kg/m}^2$
- Beban mati tambahan total:
- $$= (228 + 27 + 6.4 + 6 + 19 + 338.4) \text{ kg/m}^2$$
- $$= 684.8 \text{ kg/m}^2$$
- b. Beban hidup (LL) untuk gedung perkuliahan =  $192 \text{ kg/m}^2$
- c. Perhitungan Beban – Beban Balok :
- Beban Mati (DL) :
- Beban Merata ekwivalen oleh trapesium A1- A4 :
- $$Q_{ekw} = \frac{1}{6} \cdot q_{DL-\text{pelat}} \cdot L_x \times \left\{ 3 - \left( \frac{L_x}{L_y} \right)^2 \right\}$$
- $$Q_{ekw} = \frac{1}{6} \cdot 684.8 \text{ kg/m}^2 \cdot 3.6 \text{ m} \times \left\{ 3 - \left( \frac{3.6}{5.025} \right)^2 \right\}$$
- $$Q_{ekw} = 1021.859 \text{ kg/m}$$
- $$Q_{ekw \text{ tot}} = 4 \times 1021.859 \text{ kg/m} = 4087.436 \text{ kg/m}$$
- Berat Sendiri Balok :
- Berat sendiri balok =  $(0.45 \times 0.70) \text{ m}^2 \times 2400 \text{ kg/m}^3$
- $$= 756$$
- Beban Mati Total :  $Q_{dl} = 4843.436 \text{ kg/m}$
- Beban Hidup (LL) :
- $$Q_{ekw} = \frac{1}{6} \cdot q_{LL-\text{pelat}} \cdot L_x \times \left\{ 3 - \left( \frac{L_x}{L_y} \right)^2 \right\}$$
- $$Q_{ekw} = \frac{1}{6} \cdot 192 \text{ kg/m}^2 \cdot 3.6 \text{ m} \times \left\{ 3 - \left( \frac{3.6}{5.025} \right)^2 \right\}$$
- $$Q_{ekw} = 286.502 \text{ kg/m}$$

$$Q_{ekw} = 4 \times 286.502 = 1146.01 \text{ kg/m}$$

Beban Merata Ultimate balok :

$$q_u = 1,4D = 1,4 \cdot 4843.436 \text{ kg/m} = 6780.810 \text{ kg/m}$$

$$q_u = 1,2D + 1,6L$$

$$q_u = 1,2 (4843.436 \text{ kg/m}) + 1,6 (1146.01 \text{ kg/m})$$

$$= 7645.739 \text{ kg/m}$$

Diambil yang terbesar yakni  $q_u = 7645.739 \text{ kg/m}$

**Tabel 4.28 Rekap Hasil Perhitungan Penulangan Balok**

No	Tipe Balok	Dimensi	Tulangan				
		panjang	Torsi	Lentur		Geser	
		(cm)		Tump	Lap	Tump	Lap
1	B1	45/70	2D16	8D22	4D22	D10-	D10-
		1000.5		4D22	8D22	100	150
2	B2	35/50	2D13	7D22	3D22	D10-	D8-
		720		4D22	4D22	100	150
3	B3	25/40	2D13	4D16	2D19	D10-	D10-
		709.5		2D16	4D19	100	150
4	B4	35/50	2D13	6D19	2D19	D10	D10-
		720		3D19	4D19	-100	150
5	BT	35/50	2D13	6D22	2D22	D10-	D10-
		825		3D22	4D22	100	150
6	BS	45/70	2D16	8D22	6D22	D10-	D10-
		720		8D22	6D22	100	150

#### 4.4.2.4 Perhitungan Tulangan Kolom

Perhitungan tulangan lentur kolom ditinjau berdasarkan aksial terbesar, momen terbesar. Untuk kolom K1 (60x60)cm<sup>2</sup> pada as A-2. Berikut ini adalah data perencanaan kolom berdasarkan gambar denah kolom,

hasil output diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000.  
Selanjutnya akan dihitung dengan metode SRPMM.

➤ **Data Perencanaan :**

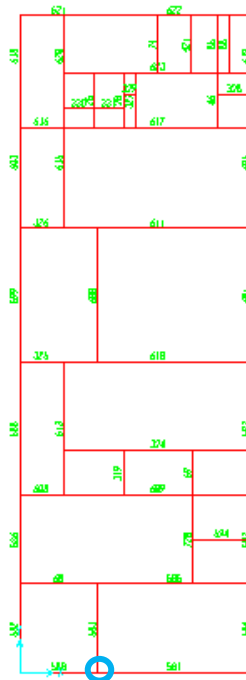
Tipe kolom	: K1
As Kolom/ Frame	: A-2 / 437
Tinggi Kolom pendek	: 1000 mm
Tinggi Kolom Lantai 1	: 6800 mm
Tinggi Kolom Lantai 2-6	: 4800 mm
B kolom	: 600 mm
H kolom	: 600 mm
Kuat tekan ( $f_c'$ )	: 25 Mpa
Modulus Elastis ( $E_c$ )	: $4700\sqrt{f_c'} = 23500$
Modulus elastis baja ( $E_s$ )	: 200000 Mpa
Kuat leleh lentur ( $f_y$ lentur)	: 390 Mpa
Kuat leleh geser ( $f_y$ geser)	: 240 Mpa
Diameter lentur ( $\emptyset$ lentur)	: 22 mm
Diameter tul geser ( $\emptyset$ geser)	: 10 mm
Tebal selimut	: 40 mm
<i>(SNI 03:2847:2013 pasal 7.7.1)</i>	
Jarak spasi tul sejajar (S sejajar)	: 40 mm
<i>(SNI 03:2847:2013 pasal 7.6.3)</i>	
Faktor $\beta_1$	: 0.85
<i>(SNI 03:2847:2013 pasal 10.2.7.(1))</i>	
Faktor red. kekuatan lentur ( $\emptyset$ )	: 0.65
<i>(SNI 03:2847:2013 pasal 9.3.2.(2))</i>	
Faktor red. kekuatan geser ( $\emptyset$ )	: 0.75
<i>(SNI 03:2847:2013 pasal 9.3.2.(3))</i>	

Maka tinggi efektif kolom

$$\begin{aligned} d &= b - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul lentur} \\ &= 600 - 40 - 10 - (\frac{1}{2} 22) \\ &= 539 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= \text{decking} + \emptyset \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul lentur} \\ &= 40 + 10 + (\frac{1}{2} \cdot 22) \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d'' &= b - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul lentur} - \frac{1}{2} b \\ &= 600 - 40 - 10 - \frac{1}{2} (22) - \frac{1}{2} (600) \\ &= 239 \text{ mm} \end{aligned}$$



**Gambar 4.73 Denah posisi kolom k-1 (60/0) pada as A-2**



Berdasarkan Hasil Output SAP 2000 :

- Gaya aksial :  
Pdl : 1083893.7 N



**Gambar 4.74 Hasil output sap gaya momen aksial pdl**

PLL : 354068.67 N



**Gambar 4.75 Hasil output sap gaya momen aksial pll**

PU (1.2D +1.6L) : 2079682.79 N



**Gambar 4.76 Hasil output sap gaya momen aksial PU  
1.2D+1.6L**

PU (1,2 D + L + 1 EX + 0,3 EY) : 1918426.21 N



**Gambar 4.77 Hasil output sap gaya momen  
1,2 D+L+1EX+0,3 EY**

PU (1,2 D + L + 1 EY + 0,3 EX) : 536764.89 N



**Gambar 4.78 Hasil output sap gaya momen  
1,2 D+L+1EY+0,3 EX**

Momen pada penampang kolom ditinjau dari dua arah, yaitu momen arah X dan arah Y :

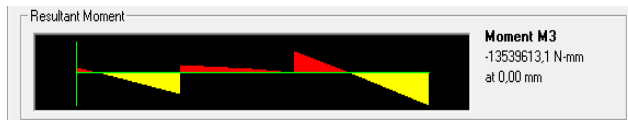
**Momen akibat pengaruh beban gravitasi :**

$M_{1ns}$  = nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping (SNI 2847-2013)

$M_{2ns}$  = nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping (SNI 2847-2013)

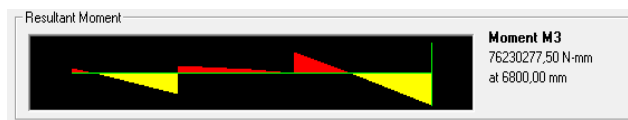
**Momen arah X :**

- Arah X  $M_{1ns}$  : 13539613.1 Nmm



**Gambar 4.79 Hasil output sap gaya momen arah x  $M_{1ns}$**

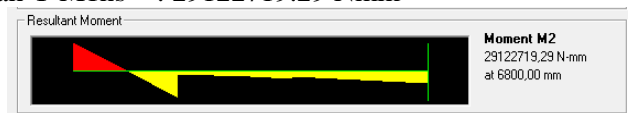
- Arah X  $M_{2ns}$  : 76230277.50 Nmm



**Gambar 4.80 Hasil output sap gaya momen arah x  $M_{2ns}$**

**Momen arah Y:**

- Arah Y  $M_{1ns}$  : 29122719.29 Nmm



**Gambar 4.81 Hasil output sap gaya momen arah Y  $M_{1ns}$**

- Arah Y M2ns : 73659525 Nmm



**Gambar 4.82 Hasil output sap gaya momen arah Y M2ns**

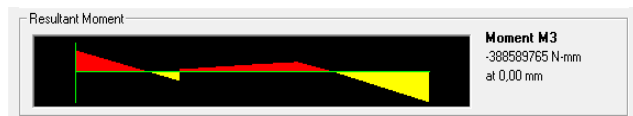
**Momen akibat pengaruh gempa :**

$M_{1s}$  = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terkecil dalam Nmm (SNI 2847-2013)

$M_{2s}$  = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terbesar dalam Nmm (SNI 2847-2013)

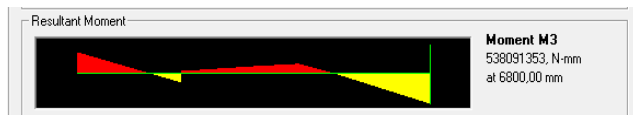
**Momen arah X:**

Arah X M1ns : 388589765 Nmm



**Gambar 4.83 Hasil output sap gaya momen arah X M1ns**

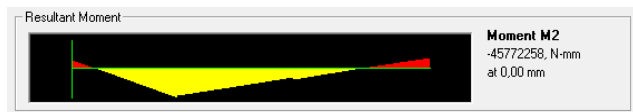
Arah X M2ns : 538091353 Nmm



**Gambar 4.84 Hasil output sap gaya momen arah X M1ns**

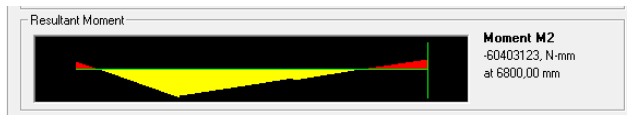
**Momen arah Y:**

Arah Y M1ns : 45772258 Nmm



**Gambar 4.85 Hasil output sap gaya momen arah Y M1ns**

Arah Y M2ns : 60403123 Nmm



**Gambar 4.86 Hasil output sap gaya momen arah Y M2ns**

Syarat Gaya Aksial Pada Kolom :

Menurut *SNI 03:2847:2013 pasal 21.3.2* Gaya tekan aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada komponen struktur kolom tidak boleh melebihi  $A_g \cdot f_c' / 10$  dan Bila  $P_u$  lebih besar maka perhitungan harus mengikuti 21.3.5 (Ketentuan Kolom untuk SRPMM)

$$\begin{aligned}
 P_u &> \frac{A_g \cdot f_c'}{10} \\
 2079682.79 &> \frac{600 \cdot 10^3 \cdot 600 \cdot 10^3 \cdot 25}{10} \\
 2079682.79 &> 900000000000 \rightarrow
 \end{aligned}$$

(Memenuhi)

Menghitung faktor Kekakuan Kolom :

Menghitung faktor  $\beta_d$

$\beta_d$  = rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap rasio beban aksial total terfaktor maksimum

$$\begin{aligned}
 \beta_d &= \frac{1,2 \times P_{DL}}{P_U (1,2D + 1,6L + 0,5L_r)} \\
 &= \frac{1,2 \times 1083893.7 \text{ N}}{2079682.79 \text{ N}} \\
 &= 0.625
 \end{aligned}$$

Panjang tekuk kolom :

$$\Psi = \frac{\sum (EI/L)_{\text{kolom}}}{\sum (EI/L)_{\text{balok}}}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 10.10.7.2)

Untuk kolom (60/60)

$$Elk = \frac{0,4 \times Ec \times Ig}{1 + \beta_d}$$

*(SNI 2847:2013 Pasal 10.10.6.1)*

$$\begin{aligned} Ig &= 0.7 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 0.7 \times 1/12 \times 600 \times 600^3 \\ &= 7560000000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Elk &= \frac{0,4 \times 23500 \times 7560000000}{1 + 0.625} \\ &= 4.37 \times 10^{13} \end{aligned}$$

Untuk Balok Induk Memanjang 45/70

$$\begin{aligned} Ig &= 0.7 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 0.7 \times 1/12 \times 450 \times 700^3 \\ &= 4501875000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Elb &= \frac{0,4 \times 23500 \times 4501875000}{1 + 0.625} \\ &= 2.60 \times 10^{13} \end{aligned}$$

Untuk Balok Induk Melintang 35/50

$$\begin{aligned} Ig &= 0.7 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 0.7 \times 1/12 \times 350 \times 500^3 \\ &= 1276041667 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Elb &= \frac{0,4 \times 23500 \times 1276041667}{1 + 0.625} \\ &= 7.38 \times 10^{12} \end{aligned}$$

Untuk sloof memanjang 45/70

$$\begin{aligned} Ig &= 0.7 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 0.7 \times 1/12 \times 450 \times 700^3 \\ &= 4501875000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Elb &= \frac{0,4 \times 23500 \times 4501875000}{1 + 0.625} \\ &= 2.60 \times 10^{13} \end{aligned}$$

Untuk sloof melintang 45/70

$$\begin{aligned} Ig &= 0.7 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 0.7 \times 1/12 \times 450 \times 700^3 \\ &= 4501875000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elb} &= \frac{0,4 \times 23500 \times 4501875000}{1 + 0.625} \\ &= 2.60 \times 10^{13} \end{aligned}$$

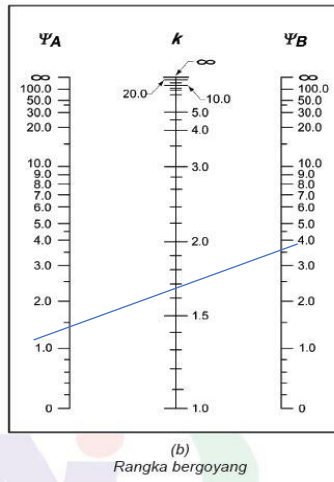
Menentukan Panjang Tekuk Kolom :

- Kekakuan Kolom atas :

$$\begin{aligned} \Psi_a &= \frac{\Sigma(\frac{EI}{L})_{\text{kolom}}}{\Sigma(\frac{EI}{L})_{b1 \perp} \Sigma(\frac{EI}{L})_{b1} + \Sigma(\frac{EI}{L})_{b1} + \Sigma(\frac{EI}{L})_{b1}} \\ \Psi_a &= \frac{\frac{4.73 \cdot 10^{13} \text{Nmm}^2}{4800\text{mm}} + \frac{4.73 \cdot 10^{13} \text{Nmm}^2}{6800\text{mm}}}{\frac{2.60 \cdot 10^{13} \text{Nmm}^2}{8250\text{mm}} + \frac{2.60 \cdot 10^{13} \text{Nmm}^2}{4200\text{mm}} + \frac{7.38 \cdot 10^{12} \text{Nmm}^2}{4800\text{mm}}} \\ \Psi_a &= 1.43 \end{aligned}$$

- Kekakuan Kolom bawah :

$$\begin{aligned} \Psi_a &= \frac{\Sigma(\frac{EI}{L})_{\text{kolom}}}{\Sigma(\frac{EI}{L})_{b1 \perp} \Sigma(\frac{EI}{L})_{b1} + \Sigma(\frac{EI}{L})_{b1} + \Sigma(\frac{EI}{L})_{b1}} \\ \Psi_a &= \frac{\frac{4.73 \cdot 10^{13} \text{Nmm}^2}{6800\text{mm}} + \frac{4.73 \cdot 10^{13} \text{Nmm}^2}{1000\text{mm}}}{\frac{2.60 \cdot 10^{13} \text{Nmm}^2}{8250\text{mm}} + \frac{2.60 \cdot 10^{13} \text{Nmm}^2}{4200\text{mm}} + \frac{2.60 \cdot 10^{13} \text{Nmm}^2}{4800\text{mm}}} \\ \Psi_a &= 3.39 \end{aligned}$$



**Gambar 4.87 Grafik Aligment**

Menurut ***SNI 03:2847:2013 Pasal 10.10.7***

Dari grafik alignment, didapatkan  $k = 1.62$

Menghitung radius girasi (r)

Menurut SNI 2847:2013 pasal 10.10.1.2 radius girasi boleh diambil sebesar 0,3 dari dimensi

$$r = 0.3 h$$

$$= 0.3 (600)$$

$$= 180$$

Kontrol Kelangsingan

$$\frac{k \times Lu}{r} \leq 22 \rightarrow \text{Pengaruh kelangsingan diabaikan (termasuk kolom pendek)}$$

$$\frac{k \times Lu}{r} \geq 22 \rightarrow \text{Pengaruh kelangsingan diabaikan (termasuk kolom langsing)}$$

$$\frac{1.62 \times 6800}{180} \geq 22$$

$$61.20 \geq 22 \rightarrow \text{Termasuk Kolom Langsing} \\ \text{(SNI 2847:2013 Pasal 10.10.1(a))}$$

Peninjauan Kolom Akibat Momen Arah X:

Berdasarkan output program SAP 2000, maka diperoleh hasil gaya-gaya dalam arah X pada kolom sebagai berikut :

Akibat kombinasi gempa ( $E_x + 0,3E_y$ ) :

$$M1s = 388589765 \text{ Nmm}$$

$$M2s = 538091353 \text{ Nmm}$$

Akibat kombinasi gempa ( $1.2D+1.6L$ ) :

$$M1ns = 13539613.1 \text{ Nmm}$$

$$M2ns = 76230277.5 \text{ Nmm}$$

Menghitung Nilai  $P_c$  ( $P$  kritis) pada kolom :

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{K \cdot L_u^2} = \frac{3.14^2 \cdot 4.73 \cdot 10^{13}}{1.62 \cdot 46240000} = 5754543.297$$

$$\sum P_c = n \times P_c = 98 \times 5754543.297 = 563945243.1$$

Menghitung Faktor Pembesaran Momen ( $\delta_s$ ) :

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{0.75 \sum P_c}} \geq 1$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{2079682.79}{422958932.3}} \geq 1$$

$$\delta_s = 1.0049 \geq 1 \rightarrow \text{Memenuhi}$$

Maka dipakai  $\delta_s = 1.005$  dalam perhitungan perbesaran momen.

*(SNI 03:2847:2013 pasal 10.10.7.4)*

Pembesaran Momen :

$$\begin{aligned} M_1 &= M_{1ns} + \delta_s M_{1s} \\ &= 13539613.1 + 390509896.4 \\ &= 404049509.5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_2 &= M_{2ns} + \delta_s M_{2s} \\ &= 76230277.5 + 540750213.8 \\ &= 616980491.3 \end{aligned}$$

Diambil momen yang terbesar = 616980491.3

Menentukan pperlu dari diagram interaksi :

Dalam menentukan nilai pperlu untuk kebutuhan tulangan lentur kolom, digunakan Diagram Interaksi pada buku Tabel Grafik dan Diagram Interaksi untuk Perhitungan Struktur Beton berdasarkan SNI 1992. Keterangan yang dibutuhkan dalam penggunaan Diagram Interaksi adalah :

$$\begin{aligned} \mu h &= h \text{ kolom} - (2 \cdot \text{Decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{geser}) - \emptyset \text{lentur} \\ &= 600 - 2.40 - 2 \cdot 10 - 22 \\ &= 478 \end{aligned}$$

$$\mu = \frac{\mu h}{h \text{ kolom}} = \frac{478}{600} = 0.797$$

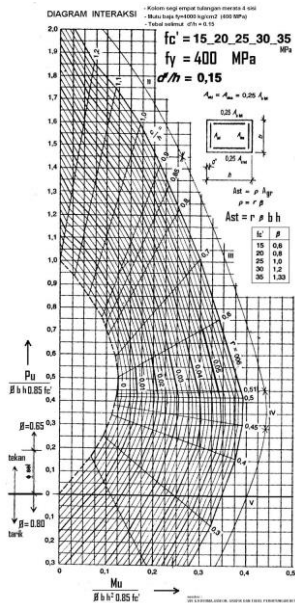


Sumbu Vertikal :

$$\begin{aligned}\frac{\phi P_n}{A_g} &= \frac{P_u}{b \cdot h} \\ &= \frac{2079682.79}{4972500} \\ &= 0.42 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Sumbu horizontal

$$\begin{aligned}\frac{\phi M_n}{A_g \cdot h} &= \frac{M_u}{b \cdot h^2} \\ &= \frac{616980491.3}{298350000} \\ &= 0.21 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$



**Gambar 4.88 Diagram Interaksi Penulangan**  
Maka didapatkan  $p_{perlu} = 1.0\% = 0.01$

➤ **Perhitungan Penulangan Kolom :**

Luas tulangan lentur perlu :

$$\begin{aligned}A_s \text{ perlu} &= \rho_{perlu} \times b \times h \\ &= 0.01 \times 600 \times 600\end{aligned}$$

$$= 3600 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan lentur

$$\begin{aligned}\text{Luas tulangan D22} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 22^2 \\ &= 379.9 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur pasang :

$$\begin{aligned}n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{luas tulangan D22}} \\ n &= \frac{3600 \text{ mm}^2}{379.9 \text{ mm}^2} \\ &= 9.475 \approx 20 \text{ buah}\end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur pasang :

$$\begin{aligned}A_{s\text{pasang}} &= A_s' \\ &= n \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2\right) \\ &= 20 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2\right) \\ &= 7599 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Maka direncanakan penulangan kolom untuk peninjauan momen arah X menggunakan tulangan sebesar 20D22

Prosentase tulangan terpasang :

$$\begin{aligned}&= \frac{A_{s\text{pasang}}}{b \times h} \times 100\% \\ &= \frac{7598.8 \text{ mm}^2}{600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}} \times 100\% \\ &= 2.11 \% < 8\% \text{ (Memenuhi)}\end{aligned}$$

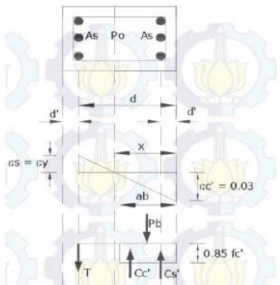
Mencari e perlu dan e min :

$$\begin{aligned}M_n &= \frac{616980491.3 \text{ Nmm}}{0.65} \\ &= 949200755.8 \text{ Nmm} \\ P_n &= \frac{2079682.79 \text{ N}}{0.65}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 3199511.985 \text{ N} \\
 e \text{ perlu} &= \frac{M_n}{P_n} \\
 &= \frac{949200755.8 \text{ Nmm}}{3199511.985 \text{ N}} \\
 &= 296.7 \text{ mm} \\
 e \text{ min} &= 15.24 + 0.03h \\
 &= 15.24 + 0.03(600) \\
 &= 33.24 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 10.10.1.2)

### Cek kondisi balance



$$\begin{aligned}
 d &= 600 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 22 = 539 \text{ mm} \\
 d' &= 40 + 10 + \frac{1}{2} 22 = 61 \text{ mm} \\
 d'' &= 600 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 22 - \frac{1}{2} 600 = 239 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x_b &= \frac{600}{(600 + f_y)} d \\
 &= \frac{600}{(600 + 390 \text{ MPa})} 539 \text{ mm} \\
 &= 326.7 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ab &= 0.85 \cdot x_b \\
 &= 0.85 \cdot 326.7 \text{ mm} \\
 &= 277.7 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s' &= A_s' (f_y - 0.85 \cdot f_c') \\
 &= 7599 \text{ mm}^2 (390 \text{ MPa} - 0.85 \cdot 25 \text{ MPa}) \\
 &= 2802057.5 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= A_s' \cdot f_y \\
 &= 7599 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 2963532 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_c' &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x_b \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times 25 \text{ MPa} \times 600 \text{ mm} \times 323,4 \text{ mm} \\
 &= 3540250 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_b &= C_c' + C_s' - T \\
 &= 3540250 \text{ N} + 2802057,5 \text{ N} - 2963532 \text{ N} \\
 &= 3378775,5 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_b &= p_b \times e_b \\
 &= C_c' \left( d - d'' - \frac{a}{2} \right) + C_s' (d - d'' - d') + T \cdot d'' \\
 &= 570570291,7 + 669691742,5 + 708284148 \\
 &= 1948546182
 \end{aligned}$$

$$e_b = \frac{M_b}{P_b} = \frac{1948546182}{3378775,5} = 576,7$$

Kontrol kondisi:

$e_{min} < e_{perlu} < e_{balanced}$  (Kondisi Tekan Menentukan)

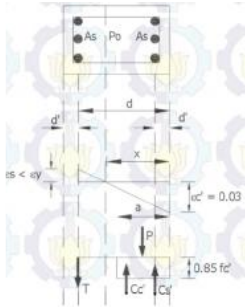
$e_{min} < e_{perlu} > e_{balanced}$  (Kondisi Tarik Menentukan)

$$e_{min} < e_{perlu} < e_b$$

$$33,24 \text{ mm} < 296,7 \text{ mm} < 576,7 \text{ mm}$$

Maka kolom termasuk kondisi tekan menentukan

**Kontrol kondisi tekan menentukan :**



$$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_b$$

$$33.24 \text{ mm} < 296.7 \text{ mm} < 576.7 \text{ mm}$$

Mencari nilai X :

$$a = 0,54 d$$

$$0,85X = 0,54 \cdot 539 \text{ mm}$$

$$X = 342.42 \text{ mm}$$

**(Desain Beton Bertulang CHU-KIA WANG CHARLES  
G.SALMON hal. 423)**

$$\epsilon_s < \epsilon_y \quad (f_y > f_s)$$

$$\epsilon_s = \left( \frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 0,003$$

$$= \left( \frac{539 \text{ mm}}{342.42 \text{ mm}} - 1 \right) \cdot 0,003$$

$$= 0,0017$$

$$f_s = \epsilon_s \cdot 600$$

$$= 0,0017 \cdot 600 \text{ MPa}$$

$$= 344,44 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_y = f_y / E_s$$

$$= 390 \text{ MPa} / 200000 \text{ MPa}$$

$$= 0,002$$

Kontrol :

$$\epsilon_s < \epsilon_y : 0,0017 < 0,002 \text{ (Memenuhi)}$$

$$f_s < f_y : 344.44 \text{ Mpa} < 390 \text{ Mpa (Memenuhi)}$$

$$\begin{aligned}
 C_s' &= A_s' (f_y - 0,85.f_c') \\
 &= 7599 \text{ mm}^2 (390 \text{ MPa} - 0,85 \cdot 25 \text{ MPa}) \\
 &= 2802057.5 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_c' &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot X \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times 25 \text{ MPa} \times 600 \text{ mm} \times 342.42 \\
 &= 3711015 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= A_s' \cdot f_s \\
 &= A_s' \cdot \left( \frac{d}{x} - 1 \right) 600 \\
 &= 7598.8 \text{ mm}^2 \cdot \left( \left( \frac{539}{342.42} \right) - 1 \right) \cdot 600 \\
 &= 2617364.44 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= C_c' + C_s' - T \\
 &= 3711015 \text{ N} + 2802057.5 \text{ N} - 2617364.44 \text{ N} \\
 &= 3895708.1 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 P &> P_b \\
 3895708.1 \text{ N} &> 3378775.5 \text{ N} \text{ (Memenuhi)} \\
 a &= 0,85 \cdot X \\
 &= 0,85 \cdot 342.42 \text{ mm} = 291.057 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{n\text{terpasang}} &= C_c' \left( d - d'' - \frac{a}{2} \right) + C_s' (d - d'' - d') + T \cdot d'' \\
 &= 3711015 \text{ N} \cdot \left( 539 \text{ mm} - 239 \text{ mm} - \frac{291.057 \text{ mm}}{2} \right) + 2802057.5 \text{ N} \cdot (539 \text{ mm} - 239 \text{ mm} - 61 \text{ mm}) + 2617364.44 \text{ N} \cdot 239 \text{ mm} \\
 &= 2529043002 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Cek syarat :

$$\begin{aligned}
 M_{n\text{ terpasang}} &> M_n \\
 2529043002 \text{ Nmm} &> 949200756 \text{ Nmm} \text{ (Memenuhi)} \\
 \text{Maka dipakai tulangan : } &20 \text{ D22}
 \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan satu sisi:

Syarat :

Smaks  $\geq$  Ssejajar  $\rightarrow$  Susun 1 lapisSmaks  $\leq$  Ssejajar  $\rightarrow$  perbesar penampang kolom

$$\begin{aligned}
 \text{Smaks} &= \frac{b - (2 \times \text{tselimut}) - (2 \times \text{Øgeser}) - (n \times \text{Ølentur})}{n - 1} \\
 &= \frac{600 - 80 - 20 - 154}{3} \\
 &= 115.33 > 40 \text{ mm} \rightarrow \text{Susun 1 lapis}
 \end{aligned}$$

➤ **Cek dengan program praColumn :**

Semua output mengenai perhitungan dimasukkan ke dalam analisis pcaColumn, sehingga diperoleh grafik momen sebagai berikut :

Mutu beton (fc')	= 25 N/mm <sup>2</sup>
Mutu baja tulangan (fy)	= 390 N/mm <sup>2</sup>
Modulus elastisitas	= 23500 N/mm <sup>2</sup>
β1	= 0,85
Dimensi kolom	= 600mm x 600mm
Tulangan pasang	= 20D22

```

06/07/17 pcaColumn V3.62 - PORTLAND CEMENT ASSOCIATION -
22:22:17 Licensed to: its
FIX
Page 2
PCACOL K1

General Information:
=====
File Name: D:\PCACOL K1 FIX.col
Project:
Column:
Code: ACI 318-02
Engineer:
Units: Metric
Run Option: Investigation
Slenderness: Not considered
Run Axis: Bisaxial
Column Type: Structural

Material Properties:
=====
f'c = 28 MPa
Ec = 28500 MPa
Ultimate strain = 0.003 mm/mm
Beta1 = 0.85
Ez = 390 MPa
Es = 200000 MPa

Section:
=====
Rectangular: Width = 600 mm
Depth = 600 mm

Gross section area, Ag = 360000 mm^2
Ix = 1.05e+010 mm^4
Iy = 1.05e+010 mm^4
Xo = 0 mm
Yo = 0 mm

Reinforcement:
=====
Rebar Database: ASTM A615M
Size Diam (mm) Area (mm^2) Size Diam (mm) Area (mm^2) Size Diam (mm) Area (mm^2)
# 10 10 71 # 13 13 129 # 16 16 199
# 19 19 284 # 22 22 387 # 25 25 510
# 29 29 645 # 32 32 819 # 36 36 1006
# 43 43 1452 # 57 57 2581

Confinement: Tied; #10 ties with #32 bars, #13 with larger bars.
phi(s) = 0.8, phi(b) = 0.9, phi(c) = 0.65

Layout: Rectangular
Pattern: All Sides Equal (Cover to transverse reinforcement)
Total steel area, As = 9288 mm^2 at 2.55%
24 #22 Cover = 40 mm

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities: (see user's manual for notation)
=====

```

No.	Pu kN	Mux kN-m	Muy kN-m	PhiMx kN-m	PhiMy kN-m	PhiMu kN-m
1	1708.0	538.0	60.0	812.4	90.6	1.510
2	1865.0	565.0	66.0	865.4	96.6	1.635
3	4971.0	193.0	446.0	206.8	478.0	1.072

```

*** Program completed as requested! ***

```

### Gambar 4.89 Hasil Output praColumn 1

Berdasarkan output dari pcaColoumn

Mux = 538 kNm < Mnx = 816 kNm

Muy = 60 kNm < Mny = 91 kNm

Maka tulangan yang dipakai : 24D22  
(memiliki prosentase tulangan terpasang)

$$\begin{aligned}
 As_{\text{pasang}} &= n \times \left(\frac{1}{4}\right) \times \pi \times d^2 \\
 &= 24 \times \left(\frac{1}{4}\right) \times 3.14 \times 22^2 = 9118.6 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek persyaratan :

$$\begin{aligned}
 \%Tul &= \frac{\text{luas tulangan terpasang}}{\text{luas bruto penampang kolom}} \times 100\% \\
 &= \frac{9118.6}{600 \times 600} \times 100\% \\
 &= 2.53\% < 8\% \rightarrow \text{Ok}
 \end{aligned}$$

Jadi, kolom dapat menahan gaya lentur dan gaya aksial yang terjadi. Kolom tidak mengalami keruntuhan.



### ➤ Perhitungan Tulangan Geser

➤ **Data Perencanaan :**

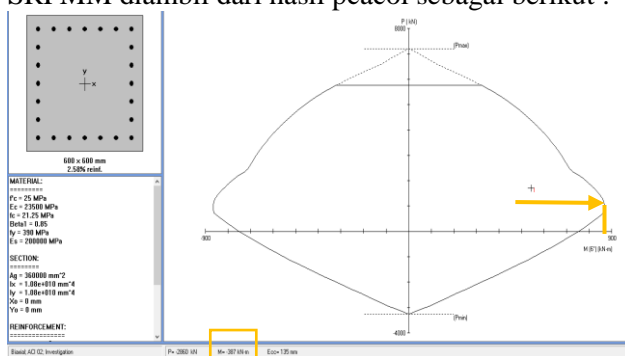
h kolom	: 600 mm
b kolom	: 600 mm
Tebal selimut beton	: 40 mm
Tinggi kolom	: 6800 mm
Mutu beton ( $f_c'$ )	: 25 MPa
Kuat leleh tulangan lentur( $f_y$ )	: 390 MPa
Kuat leleh tulangan geser( $f_{yv}$ )	: 240 MPa
DiameterTulangan lentur	: D22
Diameter Tulangan geser	: $\phi 10$
Faktor Reduksi	: 0,75

*(SNI 03:2847:2013 Pasal 9.3.2.(3))*

Berdasarkan hasil out put progam SAP 2000, maka diperoleh hasil gaya pada kolom as A-2 sebagai berikut:

$$P_U(1,2DL+1,6LL) = 207962.79 \text{ N}$$

Gaya lintang rencana pada kolom untuk peninjauan SRPMM diambil dari hasil pcacol sebagai berikut :

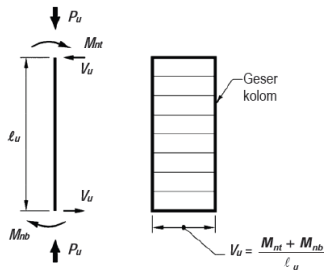


**Gambar 4.90** Hasil Output praColumn 2

Didapatkan hasil Output Pracolumn :

$$M_{nt} = 867000000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mnb} = 867000000 \text{ Nmm}$$



**Gambar 4.91 Lintang Rencana untuk SRPMM**

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{l_u}$$

(SNI 03:2847:2013, Pasal 21.3.5)

Dimana :

$M_{nt}$  = Momen nominal atas (top) kolom

$M_{nb}$  = Momen nominal bawah (bottom) kolom

$$M_{nt} = \frac{M_{nt}}{\phi} = \frac{867000000}{0,75} = 1156000000 \text{ Nmm}$$

$$M_{nb} = \frac{M_{nb}}{\phi} = \frac{867000000}{0,75} = 1156000000 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{M_{nt} + M_{nb}}{l_u} \\ &= \frac{1083200000 + 1083200000}{6800} \\ &= 340000 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat Kuat Tekan Beton ( $f_c'$ ):

Nilai  $\sqrt{f_c'}$  yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 MPa

**SNI 2847:2013**

$$\sqrt{f_c'} \leq \frac{25}{3}$$

$$\sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \leq \frac{25}{3} \text{ N/mm}^2$$

$$5 \text{ N/mm}^2 \leq 8,33 \text{ N/mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Kekuatan geser pada beton :

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \left[ 1 + \frac{N_u}{14 \times A_g} \right] \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \\
 &= 0,17 \left[ 1 + \frac{2079682.79 \text{ N}}{14 \times 360000 \text{ mm}^2} \right] \times 1 \times \sqrt{25} \times 600 \times 539 \\
 &= 388319.366 \text{ N}
 \end{aligned}$$

***SNI 03:2847:2013 Pasal 11.2.1.2***

Kuat geser tulangan geser :

$$\begin{aligned}
 V_{s_{\min}} &= \frac{1}{3} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{3} \times 600 \times 539 \\
 &= 106722 \text{ N} \\
 V_{s_{\max}} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{3} \times \sqrt{25} \times 600 \times 539 \\
 &= 533610 \text{ N} \\
 2V_{s_{\max}} &= 1067220 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Cek kondisi penulangan geser :
  - Kondisi 1 :
 
$$V_u \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \rightarrow (\text{Tidak Perlu Tulangan Geser})$$

$$340000 \text{ N} \leq 145620 \text{ N} (\text{Tidak Perlu Tulangan Geser})$$
  - Kondisi 2 :
 
$$0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset \cdot V_c \rightarrow (\text{Tulangan Geser Minimum})$$

$$145620 \text{ N} \leq 340000 \text{ N} \geq 291239.52 \text{ N} (\text{Tidak Memenuhi})$$
  - Kondisi 3 :
 
$$\emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{s_{\min}}) \rightarrow (\text{Perlu Geser Minimum})$$

$$291239.52 \text{ N} \leq 340000 \text{ N} \geq 371281 \text{ N} (\text{Tidak Memenuhi})$$

▪ Kondisi 4 :

$$\emptyset (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{s_{\max}}) \rightarrow (\text{Tulangan Geser})$$

$$371281 \text{ N} \leq 340000 \text{ N} \leq 691447 \text{ N} \text{ (Memenuhi)}$$

▪ Kondisi 5 :

$$\emptyset (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + 2.V_{s_{\max}}) \rightarrow (\text{Tulangan Geser})$$

$$371281 \text{ N} \leq 340000 \text{ N} \leq 1091654.524 \text{ N} \text{ (Memenuhi)}$$

Maka perencanaan penulangan geser kolom diambil berdasarkan Kondisi 4.

Direncanakan menggunakan tulangan geser  $\emptyset 10 \text{ mm}$  dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v &= 0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot n_{\text{kaki}} \\ &= 0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 2 \\ &= 157 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan geser perlu (Sperlu) :

$$V_s = \frac{V_u - \emptyset V_c}{\emptyset}$$

$$V_s = \frac{318589.2 - 0.75(388319.366)}{0.75}$$

$$V_s = 65014$$

Jarak Tulangan geser perlu :

$$\text{Sperlu} = \frac{A_v \times F_{yv} \times d}{V_{\text{sperlu}}}$$

$$\text{Sperlu} = \frac{157 \times 240 \times 539}{36465}$$

$$\text{Sperlu} = 312.39 \text{ mm}$$

Kontrol jarak spasi tulangan :

Smaks  $\leq d/2 \leq 60 \text{ cm}$   
 557 mm  $\leq 269.5 \leq 600 \text{ mm} \rightarrow$  Tidak memenuhi  
 Dicoba menggunakan tulangan geser  $\phi 10\text{-}150$

### **Cek Persyaratan SPRMM Untuk Kekuatan Geser Kolom**

1. Pada kedua ujung kolom, sengkang harus disediakan dengan spasi  $s_o$  sepanjang panjang  $s_o$  diukur dari muka joint. Spasi  $s_o$  tidak boleh melebihi yang terkecil dari (a), (b), (c), dan (d):
  - a) Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil,
 
$$s_o \leq 8 \times D \text{ lentur}$$

$$150 \text{ mm} \leq 8 \times 22 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} \leq 176 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}$$
  - b) 24 kali diameter sengkang ikat,
 
$$s_o \leq 24 \times \phi_{\text{sengkang}}$$

$$150 \text{ mm} \leq 24 \times 10 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}$$
  - c) Setengah dimensi penampang terkecil komponen struktur,
 
$$s_o \leq 1/2 \times b_w$$

$$150 \text{ mm} \leq 1/2 \times 600 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}$$
  - d)  $s_o \leq 300 \text{ mm}$ 

$$150 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}$$

*Maka, dipakai  $s_o$  sebesar  $\phi 10 - 150 \text{ mm}$ .*

Panjang  $L_o$  tidak boleh kurang dari pada nilai terbesar berikut ini :

- a) Seperenam tinggi bersih kolom,
 
$$L_o > \frac{1}{6} \times (6800 - 600)$$

$$L_o > \frac{1}{6} \times 6200$$

$$L_o > 1033.3 \text{ mm}$$

b) Dimensi terbesar penampang kolom  
 $L_o > 600 \text{ mm}$

c)  $L_o > 450 \text{ mm}$   
*Maka dipakai  $L_o$  sebesar 750 mm*

2. Senggang ikat pertama dipasang tidak lebih dari  $0.5 \times S_o$   
 $= 75 \text{ mm}$  Dari hubungan balok kolom
3. Spasi senggang ikat sebarang penampang kolom tidak lebih  $2 \times S_o = 300$

*Maka, sejarak  $L_o = 750$  Dipasang senggang sebesar D10-150*

➤ **Perhitungan sambungan lewat tulangan vertikal kolom**

Berdasarkan **SNI 03:2847:2013 Pasal 12.16.1**, panjang lewatan minimum untuk sambungan lewat tekan adalah  $0,071 \times f_y \times d_b$ , untuk  $f_y = 400 \text{ Mpa}$  atau kurang, tetapi tidak kurang dari 300 mm.

$$0,071 \times f_y \times d_b \geq 300 \text{ mm}$$

$$0,071 \times 390 \text{ N/mm}^2 \times 22 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm}$$

$$609.18 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}$$

Maka panjang sambungan lewat kolom sebesar 650 mm

➤ **Perhitungan Panjang Penyaluran**

$$l_d = \left( \frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f'c}} \frac{\Psi_t\Psi_o\Psi_s}{\left(\frac{c+k_{tr}}{d_b}\right)} \right) \cdot d_b$$

$$l_d = \left( \frac{390}{1,1 \cdot 1 \cdot \sqrt{25}} \frac{1 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 1}{\left(\frac{61}{25}\right)} \right) \cdot 25$$

$$l_d = 1089.791 \text{ mm} \rightarrow 1100 \text{ mm}$$

$$F_s = 60\% \times f_y = 605 \times 390 = 240 \text{ Mpa}$$

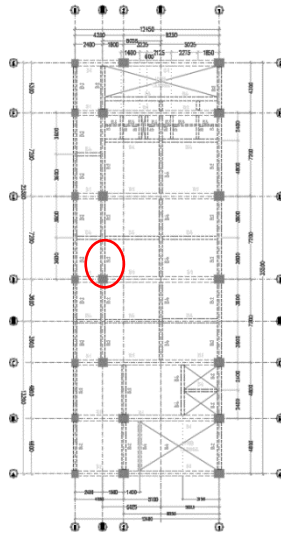
$$F_s > F_y \rightarrow l_d \text{ pakai} = 1.3 \times 1150 \\ = 1430 \text{ mm} \approx 1500 \text{ mm}$$

**Tabel 4. 29 Rekapitulasi Penulangan Kolom**

<b>Tipe kolom</b>	<b>Penulangan</b>	
Kolom Lantai 1-6 60/60	Lentur	24D22
	Geser	D10 – 150
Kolom Lantai 1-6 50/50	Lentur	12D19
	Geser	D10 – 150
Kolom Lantai Atap 30/30	Lentur	12D16
	Geser	D10 – 150

➤ **Pengecekan Gaya pada Joint Rection**

Pengecekan joint reaction yang terjadi, dilakukan dengan mengecek pada joint (joint 222) sebagai berikut:



**Gambar 4. 92 Kolom yang Ditinjau**

Untuk gaya yang terjadi pada program bantu SAP 2000 v.14 pada joint yang ditinjau (joint 428) dengan aksial yang terjadi (beban DEAD+ LIVE) adalah sebagai berikut:

Aksial terjadi = 237689.80 kg

Untuk gaya yang terjadi dengan menggunakan perhitungan manual adalah sebagai berikut:

- Pada lantai 1
  - a. Beban mati tidak terfaktor:  
 Berat sendiri kolom =  $(0.6 \times 0.6) \text{ m}^2 \times 6.8 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 5875.2 \text{ kg}$   
  
 Berat sendiri kolom pendek =  $(0.6 \times 0.6) \text{ m}^2 \times 1 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 864 \text{ kg}$



$$\text{Berat sendiri sloof memanjang} = (0.45 \times 0.7) \text{ m}^2 \times 6.225 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 4706.1 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri sloof melintang} &= (0.45 \times 0.7) \text{ m}^2 \times 3.6 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 2721.6 \text{ kg} \\ \text{Beban Total} &= 14166.9 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Beban Superdead

$$\text{Berat dinding} = (3.6 \times 5.025) \text{ m}^2 \times 479 \text{ kg/m}^2 = 8665.71 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat dinding} &= (1.2 \times 3.6) \text{ m}^2 \times 479 \text{ kg/m}^2 = 2069.28 \text{ kg} \\ \text{Beban total} &= 10734.39 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. Beban Hidup = 0

$$\text{Beban Total Lantai 1} = 24901.29 \text{ kg}$$

• Pada lantai 2-5

a. Beban mati tidak terfaktor:

$$\text{Berat sendiri kolom} = (0.6 \times 0.6) \text{ m}^2 \times 4.8 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 4 = 16589 \text{ kg}$$

$$\text{Plat Lantai A} = 3.6 \text{ m} \times 5.025 \text{ m} \times 0.12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 4 \times 2 = 41679 \text{ kg}$$

$$\text{Plat Lantai B} = 1.2 \text{ m} \times 3.6 \text{ m} \times 0.12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 4 \times 2 = 9953 \text{ kg}$$

$$\text{Berat balok B1} = (0.45 \times 0.7) \text{ m}^2 \times 6.23 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 4 = 18824 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat balok B2} &= (0.35 \times 0.5) \text{ m}^2 \times 7.20 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 4 = 12096 \text{ kg} \\ \text{Beban Total} &= 99142 \text{ kg} \end{aligned}$$

## b. Beban Superdead

$$\text{Berat dinding plat lantai A} = (3.6 \times 5.025) \text{ m}^2 \times 338.4 \text{ kg/m}^2 \times 4 \times 2 = 48973.2 \text{ kg}$$

$$\text{Berat dinding plat lantai B} = (1.2 \times 3.6) \text{ m}^2 \times 338.4 \text{ kg/m}^2 \times 4 \times 2 = 11695.1 \text{ kg}$$

$$\text{Tools Plat A} = 5.03\text{m} \times 3.60\text{m} \times 70.5 = 5101.4 \text{ kg}$$

$$\text{Tools Plat B} = 1.2\text{m} \times 3.60\text{m} \times 70.5 = 1218.2\text{kg}$$

$$\text{Beban total} = 66988 \text{ kg}$$

## c. Beban Hidup

$$\text{Plat Lantai A} = 3.6 \times 5.025 \text{ m}^2 \times 383 \text{ kg/m}^2 \times 4 = 27714 \text{ kg}$$

$$\text{Plat Lantai B} = 1.2 \times 3.6 \text{ m}^2 \times 383 \text{ kg/m}^2 \times 4 = 6618 \text{ kg}$$

$$\text{Beban total} = 34332 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Total Lantai 2-5} = 200461.93 \text{ kg}$$

## • Pada lantai Atap

## a. Beban mati tidak terfaktor:

$$\text{Berat sendiri kolom} = (0.6 \times 0.6) \text{ m}^2 \times 4.8\text{m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 4147.2 \text{ kg}$$

$$\text{Plat Lantai A} = 3.6 \text{ m} \times 5.025\text{m} \times 0.12\text{m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 2 = 10419.84 \text{ kg}$$

$$\text{Plat Lantai B} = 1.2 \text{ m} \times 3.6\text{m} \times 0.12\text{m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 2 = 2488.32 \text{ kg}$$

$$\text{Berat balok B1} = (0.45 \times 0.7) \text{ m}^2 \times 6.23 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 4706.1 \text{ kg}$$

$$\text{Berat balok B2} = (0.45 \times 0.7) \text{ m}^2 \times 7.20 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 3024 \text{ kg}$$

c. Beban Superdead

$$\text{Berat dinding plat lantai A} = (3.6 \times 5.025) \text{ m}^2 \times 58.4 \text{ kg/m}^2 = 2112.912 \text{ kg}$$

$$\text{Berat dinding plat lantai B} = (1.2 \times 3.6) \text{ m}^2 \times 58.4 \text{ kg/m}^2 = 504.576 \text{ kg}$$

$$\text{Beban total} = 2617.488 \text{ kg}$$

d. Beban Hidup

$$\text{Plat Lantai A} = 3.6 \times 5.025 \text{ m}^2 \times 96 \text{ kg/m}^2 = 1736.64 \text{ kg}$$

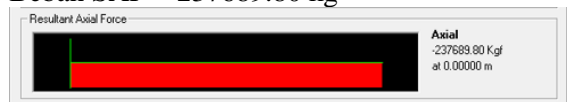
$$\text{Plat Lantai B} = 1.2 \times 3.6 \text{ m}^2 \times 96 \text{ kg/m}^2 = 414.72 \text{ kg}$$

$$\text{Beban total} = 2151.36 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Total Lantai Atap} = 29554.308 \text{ kg}$$

$$\text{Total Joint Reaction} = 28245.56 + 200461.93 + 29554.308 = 254917.53 \text{ kg}$$

$$\text{Beban SAP} = 237689.80 \text{ kg}$$



Error =

$$((254917.53 \text{ kg} - 237689.80 \text{ kg}) / 254917.53 \text{ kg}) \times 100 = 6.758 \%$$

4.4.3 Perhitungan Volume Pembesian

Volume pembesian ditinjau dari dua portal, yaitu portal melintang dan memanjang, yang setiap portalnya terdiri dari sloof, balok tangga, balok induk dan kolom.

a. perhitungan volume pembesian balok

Perhitungan volume pembesian balok dibedakan menjadi 2 macam, tulangan utama dan sengkang, berikut ini adalah contoh perhitungannya:

• Perhitungan Volume

Perhitungan pembesian sloof as 1 (A-B)\*

Lebar sloof = 0,45 m

Tinggi sloof = 0,70 m

D tulangan :

Tulangan atas = 22 mm = 0,022 m

Tulangan sengkang = 10 mm = 0,010 m

Tulangan bawah = 22 mm = 0,022 m

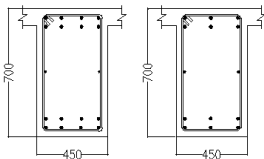
Tulangan tengah = 16 mm = 0,016 m

Cover = 40 mm = 0,040 m

n tulangan atas = 8 buah

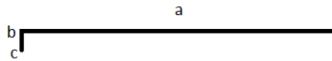
n tulangan bawah = 8 buah

n tulangan samping = 2 buah

TYPE	BS AS 2(E-F) (450-700)	
KETERANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
	TUL. ATAS	8 D22
	TUL. BAWAH	8 D22
	SENGKANG	2 Ø10-100
	TUL. TENGAH	2 D16

Gambar 4.93 Gambar Detail Balok

### Tulangan utama atas (menerus)



Gambar 4.b Potongan Tulangan Balok Sisi Atas

$$\begin{aligned} a &= \text{panjang balok} + (l_{dh}) \\ &= 4,8 \text{ m} + (0,26 \text{ m}) \\ &= 5,06 \text{ m} \end{aligned}$$

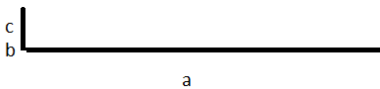
$$\begin{aligned} b &= 2,5 \times d \\ &= 2,5 \times 0,022 \\ &= 0,055 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= 12 \times d \\ &= 12 \times 0,022 \text{ m} \\ &= 0,264 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= a + b + c \\ &= 5,06 \text{ m} + 0,055 \text{ m} + 0,264 \text{ m} \\ &= 5,379 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang total} &= 5,379 \text{ m} \times 6 \text{ buah} \\ &= 32,274 \text{ m} \end{aligned}$$

### Tulangan utama bawah (menerus)



Gambar 4.b Potongan Tulangan Balok Sisi bawah

$$\begin{aligned} a &= \text{panjang balok} + (l_{dh}) \\ &= 4,8 \text{ m} + (0,26 \text{ m}) \end{aligned}$$

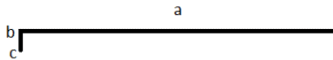
$$\begin{aligned}
 &= 5,06 \text{ m} \\
 b &= 2,5 \times d \\
 &= 2,5 \times 0,022 \\
 &= 0,055 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= 8 \times d \\
 &= 8 \times 0,022 \text{ m} \\
 &= 0,176 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= a + b + c \\
 &= 5,06 \text{ m} + 0,055 \text{ m} + 0,176 \text{ m} \\
 &= 5,29 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang total} &= 5,29 \text{ m} \times 6 \text{ buah} \\
 &= 31,75 \text{ m}
 \end{aligned}$$

**Tulangan tekan (tumpuan kiri)**



Gambar 4.b Potongan Tulangan tekan Balok tumpuan kiri

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{1}{4} L_{\text{balok}} + L_{\text{dh}} + L_{\text{penyaluran tekan bs}} \\
 &= 1,2 \text{ m} + 0,264 \text{ m} + 0,45 \text{ m} \\
 &= 1,91 \text{ m}
 \end{aligned}$$

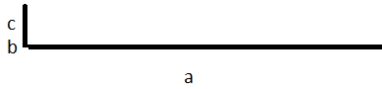
$$\begin{aligned}
 b &= 2,5 \times d \\
 &= 2,5 \times 0,022 \\
 &= 0,055 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= 12 \times d \\
 &= 12 \times 0,022 \text{ m} \\
 &= 0,264 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= a + b + c \\
 &= 1,91 \text{ m} + 0,055 \text{ m} + 0,264 \text{ m} \\
 &= 2,23 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang total} &= 2,23 \text{ m} \times 2 \text{ buah} \\
 &= 4,46 \text{ m}
 \end{aligned}$$

### Tulangan tarik (tumpuan kiri)



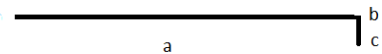
Gambar 4.b Potongan Tulangan tarik tumpuan kiri

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{1}{4} L_{\text{balok}} + L_{\text{dh}} + L_{\text{penyaluran tekan bs}} \\
 &= 1,2 \text{ m} + 0,264 \text{ m} + 0,85 \text{ m} \\
 &= 1,91 \text{ m} \\
 b &= 2,5 \times d \\
 &= 2,5 \times 0,022 \\
 &= 0,055 \text{ m} \\
 c &= 8 \times d \\
 &= 8 \times 0,022 \text{ m} \\
 &= 0,176 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= a + b + c \\
 &= 1,91 \text{ m} + 0,055 \text{ m} + 0,176 \text{ m} \\
 &= 2,54 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang total} &= 2,54 \text{ m} \times 2 \text{ buah} \\
 &= 5,08 \text{ m}
 \end{aligned}$$

### Tulangan tekan (tumpuan kanan)

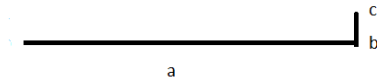


Gambar 4.b Potongan Tulangan tekan Balok Sisi kanan

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{1}{4} L_{\text{balok}} + L_{\text{penyaluran tekan bs}} \\
 &= 1,2 \text{ m} + 0,45 \text{ m} \\
 &= 1,65 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang total} &= 1,65 \text{ m} \times 2 \text{ buah} \\
 &= 3,30 \text{ m}
 \end{aligned}$$

### Tulangan tarik (tumpuan kanan)

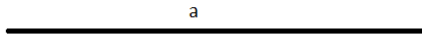


Gambar 4.b Potongan Tulangan Balok Sisi Atas

$$\begin{aligned} L &= \frac{1}{4} L_{\text{balok}} + L_{\text{penyaluran tarik bs}} \\ &= 1,2 \text{ m} + 0,85 \text{ m} \\ &= 2,05 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang total} &= 2,05 \text{ m} \times 2 \text{ buah} \\ &= 4,10 \text{ m} \end{aligned}$$

### Tulangan torsi

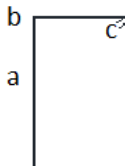


Gambar 4.b Potongan Tulangan Balok Sisi Atas

$$\begin{aligned} L &= L_{\text{balok}} \\ &= 4,8 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang total} &= 4,8 \text{ m} \times 2 \text{ buah} \\ &= 9,6 \text{ m} \end{aligned}$$

### Tulangan sengkang



Gambar 4.b Potongan Tulangan Balok Sisi Atas



$$\begin{aligned} a_1 &= \text{lebar balok} - (2 \times \text{cover}) \\ &= 0,45 \text{ m} - (2 \times 0,04) \\ &= 0,41 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_2 &= \text{tinggi balok} - (2 \times \text{cover}) \\ &= 0,70 \text{ m} - (2 \times 0,04) \\ &= 0,620 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= \frac{90^\circ}{360^\circ} \times 2\pi r \\ &= \frac{90^\circ}{360^\circ} \times 2\pi (4 \times 0,010) \\ &= 0,063 \text{ m} \end{aligned}$$

$$c = 0,075 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= 2a_1 + 2a_2 + 4b_1 + 2c \\ &= 2 \times (0,41 \text{ m}) + 2 \times (0,620 \text{ m}) + 4 \times (0,063 \text{ m}) + \\ &\quad 2 (0,075 \text{ m}) \\ &= 2,34 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Banyak sengkang tumpuan} = \frac{4,8 \text{ m}}{0,1 \text{ m}} + 1 = 25 \text{ buah}$$

$$\text{Banyak sengkang lapangan} = \frac{4,8 \text{ m}}{0,15 \text{ m}} + 1 = 17 \text{ buah}$$

$$\text{Total banyak sengkang} = 25 + 17 = 42 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang total} &= 2,34 \text{ m} \times 42 \text{ buah} \\ &= 98,07 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang tulangan D10} &= 98,07 \text{ m} \\ &= 98,07 \text{ m}/12\text{m} \\ &= 8,173 \text{ lonjor} \approx 9 \text{ lonjor} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang tulangan D 16} &= 32,274 + 31,75 + 4,46 \text{ m} + 5,08 \\ &\quad + 3,30 \text{ m} + 4,10 \text{ m} \\ &= 80,964 \text{ m} \\ &= 80,964 \text{ m}/12\text{m} \\ &= 6,747 \text{ lonjor} \approx 7 \text{ lonjor} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang tulangan D16} = 9,6 \text{ m}$$

$$= 9,6 \text{ m} / 12\text{m}$$

$$= 0,8 \text{ lonjor} \approx 1 \text{ lonjor}$$

Dengan perhitungan seperti cara diatas di hitung pula untuk tulangan balok sloof pada bentang selanjutnya dan diperoleh volume total tulangan sloof yang dibutuhkan sebagai berikut :

Diameter	total lonjor	berat (kg)
22	46,0	1647,168
16	6,0	113,616
10	55,0	407,22

Selanjutnya Dengan perhitungan seperti cara diatas dihitung pula untuk tulangan balok type yang lain. Dari perhitungan itu didapat volume total tulangan balok yang di butuhkan dalam satu portal memanjang adalah :

**Tabel 4.30 Rekap Hasil Perhitungan Volume Pembesian Balok Satu Portal Memanjang**

No	Str	Dim	Dim besi	Total kebutuhan	
				Lonjor	Berat (kg)
1	Sloof (BS)	45/70	22	46	1647,168
			16	6	113,616
			10	55	407,22
2	Balok (B2)	35/50	22	186	6660,288
			13	36	450,144
			10	234	1732,536
3	Balok (BT)	35/50	22	24	859,392
			13	6	75,024
			10	36	266,544
4	Balok (B3)	25/40	16	5	179,04
			13	2	25,008
			10	8	59,232

Volume total tulangan balok yang di butuhkan dalam satu portal melintang adalah :

**Tabel 4.31 Rekap Hasil Perhitungan Volume Pembesian Balok Satu Portal Melintang**

No	Str	Dim	Dim besi	Total kebutuhan	
				Lonjor	Berat (kg)
1	Sloof (BS)	45/70	22	17	608,736
			16	3	56,808
			10	19	140,676
2	Balok (B1)	45/70	22	90	3222,72
			16	18	225,072
			10	114	844,056
3	Balok (BT)	35/50	22	42	1503,936
			13	14	175,056
			10	63	466,452
4	Balok (B3)	25/40	16	4	143,232
			13	2	25,008
			10	6	44,424

#### **b.perhitungan volume pembesian kolom**

Pekerjaan pembesian kolom dibedakan menjadi 2 macam, tulangan utama dan sengkang, berikut ini adalah contoh perhitungannya:

- Perhitungan Volume**

Perhitungan pembesian sloof TB2-2\*

Lebar kolom = 0,60 m

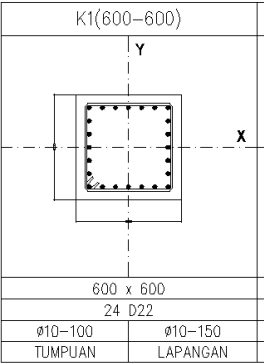
Tinggi sloof = 0,60 m

D tulangan :

Tulangan utama = 22 mm = 0,022 m

Tulangan sengkang = 10 mm = 0,010 m

Cover = 40 mm = 0,040 m  
n tulangan utama = 24 buah



Gambar 4.94 Gambar Detail kolom

### Tulangan utama atas (menerus)



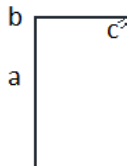
Gambar 4.b Potongan Tulangan Balok Sisi Atas

a = tinggi kolom  
= 4,8 m

b = panjang sambungan  
= 0,8 m

$$\begin{aligned}\text{Panjang total} &= 5,379 \text{ m} \times 24 \text{ buah} + 0,8 \text{ m} \times 24 \text{ buah} \\ &= 148,296\end{aligned}$$

### Tulangan sengkang



Gambar 4.b Potongan Tulangan Balok Sisi Atas

$$\begin{aligned} a_1 &= \text{lebar kolom} - (2 \times \text{cover}) \\ &= 0,6 \text{ m} - (2 \times 0,04) \\ &= 0,52 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= 2,5 \times 0,022 \\ &= 0,055 \text{ m} \end{aligned}$$

$$c = 0,075 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= 4a + 4b + 2c \\ &= 4 \times (0,52 \text{ m}) + 4 \times (0,055 \text{ m}) \\ &\quad + 2 \times (0,075 \text{ m}) \\ &= 2,36 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Banyak sengkang} = \frac{4,8 \text{ m}}{0,15 \text{ m}} + 1 = 17 \text{ buah}$$

$$\text{Total banyak sengkang} = 25 + 17 = 48 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang total} &= 2,34 \text{ m} \times 48 \text{ buah} \\ &= 113,28 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang tulangan D10} &= 148,296 \\ &= 148,296 / 12 \text{ m} \\ &= 9,44 \text{ lonjor} \approx 10 \text{ lonjor} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang tulangan D 22} &= 148,296 / 12 \text{ m} \\ &= 12,358 \text{ lonjor} \approx 13 \text{ lonjor} \end{aligned}$$

Dengan perhitungan seperti cara diatas di hitung pula untuk tulangan kolom pada bentang selanjutnya dan diperoleh volume total tulangan sloof yang dibutuhkan sebagai berikut :

Diameter	total lonjor	berat (kg)
22	71	2542,368
10	41	303,564

Selanjutnya Dengan perhitungan seperti cara diatas dihitung pula untuk tulangan kolom type yang lain. Dari perhitungan itu didapat volume total tulangan kolom pada satu portal memanjang yang di butuhkan adalah :

**Tabel 4.32 Rekap Hasil Perhitungan Volume Pemesian kolom Satu Portal Melintang**

No	Str	Dim	Dim besi	Total kebutuhan	
				Lonjor	Berat (kg)
1	K1	60/60	22	71	2542,3683
			10	41	03,564
2	K3	30/30	16	15	284,040
			10	6	44,424

volume total tulangan kolom pada satu portal melintang yang di butuhkan adalah :

**Tabel 4.33 Rekap Hasil Perhitungan Volume Pemesian Kolom Satu Portal Melintang**

No	Str	Dim	Dim besi	Total kebutuhan	
				Lonjor	Berat (kg)
1	K2	50/50	16	15	284,040
			10	6	44,424
2	K3	30/30	16	15	284,040
			10	6	44,424

Detail keseluruhan perhitungan diatas dapat di lihat pada lampiran (perhitungan volume pemesian portal melintang dan memanjang)

*Lembar sengaja dikosongkan*



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan keseluruhan hasil analisis yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Perencanaan struktur gedung perkuliahan 6 lantai yang termasuk dalam desain seismik (KDS) C dan tergolong dalam kategori resiko IV ini dapat dihitung dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM) dengan nilai  $R = 5$  dan koefisien seismik = 0.057
2. Dari keseluruhan pembahasan yang telah diuraikan merupakan hasil dari perhitungan Gedung perkuliahan 6 lantai dengan metode SRPMM. Dari perhitungan tersebut diperoleh hasil sebagai berikut :
  - Komponen Pelat
    - Plat Lantai
    - 1. Pada pelat lantai 2-6 menggunakan beton setebal 12 cm dengan penulangan sebagai berikut :

**Tabel 4.34 Rekap Hasil Perhitungan Plat Lantai**

Tipe Plat	Pembagi Tulangan	Lx (m)	Ly (m)	Tulangan Hitungan	Tulangan pakai	Tul. Susut arah X dan Y	
						D	s
S1	Tumpuan X	1.2	4.3	D10-200	D13-125	10	200
	Lapangan X			D10-200	D13-125	10	200
	Tumpuan Y	2.15	2.4	D10-200	D13-125	10	200
	Lapangan Y			D10-200	D13-150	10	200
S2	Tumpuan X	2	3.6	D10-200	D10-200	10	200
	Lapangan X			D10-200	D10-200	10	200
	Tumpuan Y	1.2	1.6	D10-200	D10-200	10	200
	Lapangan Y			D10-200	D10-200	10	200
S3	Tumpuan X	5.025	1.2	D13-125	D13-125	10	200
	Lapangan X			D10-200	D13-125	10	200

▪ **Komponen Pelat Tangga**

Pada pelat tangga lantai 1-6 menggunakan beton setebal 15 cm, tebal injakan 30 cm dan tebal tanjakan 17 cm dengan penulangan sebagai berikut :

**Tabel 4.35 Rekap Hasil Perhitungan Plat Tangga dan bordes**

Tipe	Arah X		Arah Y		Susut X		Susut Y	
	D	S	D	S	D	S	D	S
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Plat tangga 1	13	125	13	125	10	200	10	200
Plat tangga 2	13	150	13	150	10	200	10	200
Plat tangga 3	19	125	19	125	10	200	10	200
Plat Bordes 1	13	125	13	125	10	200	-	-
Plat Bordes 2	13	200	13	200	10	200	-	-
Plat Bordes 3	19	125	19	125	10	200	-	-

Dari perhitungan kontrol terhadap penulangan plat pada halaman 170-174 kontrol jarak tulangan, jarak tulangan terhadap kontrol retak, ketebalan plat terhadap geser dan tulangan susut plat lantai, dapat disimpulkan bahwa penulangan plat diatas memenuhi.

▪ Komponen Balok

**Tabel 4.36 Rekap Hasil Perhitungan Balok**

No	Tip e	Dimensi	Tulangan				
	Bal ok	panjang	Torsi	Lentur		Geser	
		(cm)		Tump	Lap	Tump	Lap
1	B1	45/70	2D16	8D22	4D22	D10-	D10-
		1000.5		4D22	8D22	100	150
2	B2	35/50	2D13	7D22	3D22	D10-	D8-
		720		4D22	4D22	100	150
3	B3	25/40	2D13	4D16	2D19	D10-	D10-
		709.5		2D16	4D19	100	150
4	B4	35/50	2D13	6D19	2D19	D10	D10-
		720		3D19	4D19	-100	150
5	BT	35/50	2D13	6D22	2D22	D10-	D10-
		825		3D22	4D22	100	150
6	BS	45/70	2D16	8D22	6D22	D10-	D10-
		720		8D22	6D22	100	150

Dari perhitungan kontrol terhadap penulangan balok dengan metode tributary area pada halaman 331-333 dapat disimpulkan penulangan balok memenuhi dengan persentase error pada :

Momen Tumpuan = 4.157 %

Momen Lapangan = 0.393 %

- Komponen Kolom

**Tabel 4.37 Rekap Hasil Perhitungan Kolom**

TIPE KOLOM	PENULANGAN	
Kolom Lantai 1-6 60/60	Lentur	24D22
	Geser	D10 – 150
Kolom Lantai 1-6 50/50	Lentur	12D19
	Geser	D10 – 150
Kolom Lantai Atap 30/30	Lentur	12D16
	Geser	D10 – 150

Dari perhitungan kontrol terhadap penulangan kolom dengan metode cek aksial pada halaman 358-362 dapat disimpulkan bahwa penulangan kolom memenuhi dengan persentase error sebesar  
6.758 %

3. Dari perhitungan analisa kebutuhan volume besi tulangan dapat diperoleh hasil sebagai berikut:

- Portal Memanjang

**Tabel 4.38 Rekap Hasil Perhitungan Volume Pembesian Portal Memanjang**

No.	Str	Type	Dim besi	Total kebutuhan		Rasio Pembesian (kg/m <sup>3</sup> )
				Lonjor	Berat (kg)	
1	Sloof	Bs	22	46	1647,168	190,63
		45/70	16	6	113,616	
			10	54	399,816	
2	Balok	B2	22	186	6660,288	232,60
		35/50	13	36	450,144	
			10	234	1732,536	
		BT	22	24	859,392	116,12
		35/50	13	6	75,024	
			10	36	266,544	
		B3	16	5	179,04	177,36
		25/40	13	2	25,008	
			10	8	59,232	
3	Kolom	K1	22	426	15254,208	289,15
		60/60	10	240	2557,44	
		K3	16	15	284,04	117,67
		30/30	10	6	44,424	

Total rasio pembesian portal memanjang 187.254 (Kg/m<sup>3</sup>)

### 1. Volume pembesian portal melintang

Berikut rekapitulasi pembesian portal memanjang:

**Tabel 4.39 Rekap Hasil Perhitungan Volume Pembesian Portal Melintang**

No.	Str	Type	Dim Besi	Total Kebutuhan		Rasio Pembesian (kg/m <sup>3</sup> )
				Lonjor	Berat (kg)	
1	Sloof	Bs	22	17	608,736	197,18
		45/70	16	3	56,808	
			10	19	140,676	
2	Balok	B1	22	90	3222,72	175,06
		45/70	16	18	225,072	
			10	114	844,056	
		BT	22	42	1503,936	108,57
		35/50	13	14	175,056	
			10	63	466,452	
		B3	16	4	143,232	289,15
		25/40	13	2	25,008	
			10	6	44,424	
3	Kolom	K1	22	142	5084,736	121,40
		60/60	10	80	852,48	
		K2	22	36	1289,088	121,40
		50/50	10	33	351,648	
		K3	16	15	284,04	117,67
		30/30	10	6	44,424	

Total rasio pembesian portal memanjang 161.490 (Kg/m<sup>3</sup>)

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan, maka didapatkan beberapa saran sebagai berikut :

1. Dalam pengumpulan data perencanaan diusahakan didapatkan dengan lengkap mulai gambar arsitek

dan stuktur asli dari pihak pemilik data dan juga data tanah sebagai data primer perencanaan perhitungan.

2. Untuk proses perhitungan perencanaan menggunakan referensi yang sesuai dengan keilmuan yang dipelajari dari semester 1 sampai 6.
3. Proses penentuan preliminary desain stuktur primer harus mempertimbangan efesiensi dari ukuran yang digunakan seperti mempertimbangan kemudahan dalam pelaksanaan, kemampuan penampang.
4. Pertahankan apa yang telah dikerjakan, selama perencanaan maupun perhitungan yang dilakukan tidak keluar dari koridor peraturan
5. Jangan takut untuk mempelajari hal-hal baru, sekalipun hal tersebut belum pernah disampaikan di dalam kurikulum perkuliahan
6. Tetap terus mencoba dan pantang putus asa



## DAFTAR PUSTAKA

Badan Standardisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03:2847:2013)*. Jakarta: BSN.

Badan Standardisasi Nasional. 2013. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03:2847:2013)*. Jakarta: BSN.

Badan Standardisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya (SNI 03:1727:2013)*. Jakarta: BSN.

2015. *Soil Investigation Rest Area*. Sumenep.

Wang, C.K. dan Salmon, C.G.1986. *Desain Beton Bertulang Jilid I (Edisi Keempat)*. Jakarta:Erlangga.

Husin,Nur Ahmad,ST. 2015. “Struktur Beton”. Surabaya.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **LAMPIRAN**

NOVEMBER 2014

## Daftar Harga **Kalsi**

Papan Bangunan Baku dan Mekanis



Tempat jual barang 17%  
10% Diskon untuk pembelian  
lebih dari 100 kg  
10% Diskon untuk pembelian  
lebih dari 1000 kg



**KalsiRita 3\***

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rp/kuah)
3.0	1000	1000	4.3	15.700
* 3.0	500	1000	2.2	8000
3.0	1000	2000	8.6	34.550
3.0	500	2000	4.3	16.550

**KalsiBoard Long 3.5\***

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rp/kuah)
3.5	1200	2400	14.4	62.800
3.5	1200	2400	13.9	60.400

**KalsiBoard Long 4.5\***

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rp/kuah)
4.5	1200	2400	19.0	86.550
4.5	1200	2400	18.4	83.350

**KalsiBoard Long 6\***

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rp/kuah)
6.0	1200	2400	25.4	122.350
6.0	1200	2400	24.5	117.750
* 6.0	1200	2700	27.6	132.450
6.0	1200	3000	30.7	148.600

**KalsiBoard Long 6-R4\***

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rp/kuah)
6.0	1200	2400	25.4	135.550
6.0	1200	2400	24.6	130.950
* 6.0	1200	2700	27.6	152.800
* 6.0	1200	3000	30.7	149.550

**KalsiBoard Long 6-R4\***

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rp/kuah)
* 6.0	1200	2400	25.4	126.800
6.0	1200	2400	24.5	122.050

\*Harga yang dipaparkan berdasarkan pesanan

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rp/kuah)
6.0	1200	2700	27.6	137.200
6.0	1200	3000	30.7	152.900

**KalsiRita 8\***

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rp/kuah)
8.0	1200	2400	34.8	164.850
8.0	1200	2400	33.6	158.600
* 8.0	1200	2700	37.8	174.400
* 8.0	1200	3000	42.1	194.150

**KalsiRita 8-R2\***

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rp/kuah)
* 8.0	1200	2400	34.8	169.000
* 8.0	1200	2400	33.6	162.650
8.0	1200	2700	37.8	183.000
* 8.0	1200	3000	42.1	202.100

**KalsiRita 8-R4\***

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rp/kuah)
* 8.0	1200	2400	34.8	170.650
* 8.0	1200	2400	33.6	164.200
8.0	1200	2700	37.8	184.700
8.0	1200	3000	42.1	204.100

**KalsiCidil 10\***

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rp/kuah)
10	1200	2400	43.5	208.000
10	1200	2400	42.1	200.100
* 10	1200	2700	47.3	225.100
* 10	1200	3000	52.6	250.100

Dinding luar

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rp/kuah)
12	1200	2400	52.2	251.850
12	1200	2400	50.5	242.650
* 12	1200	2700	56.8	272.650
* 12	1200	3000	63.1	303.150

**KalsiCidil 8\***

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rp/kuah)
8.0	1200	2400	33.6	209.400

**KalsiRita 20\***

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rp/kuah)
20	1200	2400	84.11	551.000

\*Harga yang dipaparkan berdasarkan pesanan

**KalsiPlank 8\***

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rp/kuah)
* 8.0	200	2400	5.6	31.500
8.0	200	3000	7.0	38.350
8.0	200	2400	8.4	47.150
8.0	200	3000	10.5	58.950

**KalsiRita 8-R4\***

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rp/kuah)
8.0	200	2400	5.6	33.000
8.0	200	3000	7.0	41.250
8.0	200	3000	10.5	62.000

**KalsiPlank 12\***

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rp/kuah)
* 12	200	2400	8.4	46.450
* 12	200	3000	10.5	57.900
* 12	200	2400	12.6	69.350
* 12	200	3000	15.8	86.700

**KalsiRita MCB**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rp/kuah)
0.4x5x19x400	19x400	400	27.650	
50x35x15	35x15	15	2.200	
0.55x20x20x400	20x400	400	14.850	
40x30x20	30x20	20	1.850	

**KalsiRita MS-51\***

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rp/kuah)
0.45x51x25x300	25x300	300	26.750	
0.45x51x25x300	25x300	300	35.000	
0.45x51x25x300	25x300	300	82.500	
0.45x51x25x300	25x300	300	118.800	

**KalsiRita MS-51\***

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rp/kuah)
0.45x51x25x300	25x300	300	26.750	
0.45x51x25x300	25x300	300	35.000	
0.45x51x25x300	25x300	300	82.500	
0.45x51x25x300	25x300	300	118.800	

**KalsiRita MS-51\***

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rp/kuah)
0.45x51x25x300	25x300	300	26.750	
0.45x51x25x300	25x300	300	35.000	
0.45x51x25x300	25x300	300	82.500	
0.45x51x25x300	25x300	300	118.800	

**KalsiRita MS-51\***

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rp/kuah)
0.45x51x25x300	25x300	300	26.750	
0.45x51x25x300	25x300	300	35.000	
0.45x51x25x300	25x300	300	82.500	
0.45x51x25x300	25x300	300	118.800	

Siding plank & listplank

Siding plank & listplank

Siding plank & listplank

Produk pelengkap untuk pengikatan & penyelesaian akhir papan **Kalsi**

**KalsiRita MCB**

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rp/kuah)
0.4x5x19x400	19x400	400	27.650	
50x35x15	35x15	15	2.200	
0.55x20x20x400	20x400	400	14.850	
40x30x20	30x20	20	1.850	

**KalsiRita MS-51\***

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rp/kuah)
0.45x51x25x300	25x300	300	26.750	
0.45x51x25x300	25x300	300	35.000	
0.45x51x25x300	25x300	300	82.500	
0.45x51x25x300	25x300	300	118.800	

**KalsiRita MS-51\***

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rp/kuah)
0.45x51x25x300	25x300	300	26.750	
0.45x51x25x300	25x300	300	35.000	
0.45x51x25x300	25x300	300	82.500	
0.45x51x25x300	25x300	300	118.800	

**KalsiRita MS-51\***

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rp/kuah)
0.45x51x25x300	25x300	300	26.750	
0.45x51x25x300	25x300	300	35.000	
0.45x51x25x300	25x300	300	82.500	
0.45x51x25x300	25x300	300	118.800	

**KalsiRita MS-51\***

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rp/kuah)
0.45x51x25x300	25x300	300	26.750	
0.45x51x25x300	25x300	300	35.000	
0.45x51x25x300	25x300	300	82.500	
0.45x51x25x300	25x300	300	118.800	

**KalsiRita MS-51\***

Siding plank & listplank

Siding plank & listplank

Siding plank & listplank

Siding plank & listplank

Siding plank & listplank

Siding plank & listplank

Siding plank & listplank

Siding plank & listplank

Siding plank & listplank

Spesifikasi

Keunggulan

Instalasi

Gambar

Sertifikat



## Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

### Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

Panjang, L (mm) : 600

Tinggi, H (mm) : 200 ; 400

Tebal, T (mm) : 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Berat jenis kering, ( $\rho$ ) : 530  $\text{kg/m}^3$

Berat jenis normal, ( $\rho$ ) : 600  $\text{kg/m}^3$

Kuat tekan, ( $\sigma$ ) :  $\geq 4,0 \text{ N/m}^2$

Konduktifitas termis, ( $\lambda$ ) : 0,14 w/mk

Tebal	mm	75	100	125	150	175	200
Luas Dinding / $\text{m}^3$	$\text{m}^2$	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Isi / $\text{m}^3$	Blok	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67



# DINDING



## ◆ Plester D200

- Dipergunakan untuk pekerjaan plester dan pemasangan bata.
- Ketebalan aplikasi 8-10 mm.
- Memiliki daya rekat dan workability yang baik.
- Daya sebar/zak  $\pm 2-2.5 \text{ m}^2/10\text{mm}$



40kg

## Acian dinding dan plester



30kg

## ◆ Acian S100

- Warna abu-abu muda
- Cocok untuk expose interior
- Dapat mengurangi terjadinya retak rambut
- Daya sebar/zak  $\pm 10-12 \text{ m}^2/2\text{mm}$



30kg

## ◆ Acian NP S450

- Warna cream
- Cat lebih hemat
- Dapat mengurangi terjadinya retak rambut
- Daya sebar/zak  $\pm 10-12 \text{ m}^2/2\text{mm}$
- 5-7 hari bisa langsung di cat



## Acian dinding plester dan beton



30kg

## ◆ SKIMCOAT S200

- Daya rekat tinggi untuk beton dengan permukaan licin
- Mengurangi retak
- Daya sebar/zak  $9-12 \text{ m}^2/30 \text{ kg}$



20kg

## ◆ SKIMKOT PUTIH S500

- Acian putih untuk ekspos dak beton (bagian dalam)
- Mengurangi retak
- Tanpa plamir dan cat dasar
- Menghemat cat
- Daya sebar/zak  $9-11 \text{ m}^2/20 \text{ kg}$



## ◆ Thinbed 101 TB101

- Perak bata ringan dengan ketebalan spesi antara 2 - 3 mm
- Memiliki daya rekat yang baik
- Daya sebar/zak  $\pm 10-11 \text{ m}^2/3\text{mm}$  (40 kg) (ukuran blok  $20 \times 60 \times 10 \text{ cm}$ )
- Cepat dalam pengerjaannya



40kg

Khusus  
Bata Ringan

## ◆ Plester Ringan 1.6 S150

Plester aci bata ringan dalam 1 aplikasi

- Plester aci bata ringan (one coat system) dengan ketebalan spesi antara 5 - 8 mm
- Plester lebih ringan
- Daya sebar/zak  $\pm 4.5-6.5 \text{ m}^2/5-8\text{mm}$  (50 kg) (ukuran blok  $20 \times 60 \times 10 \text{ cm}$ )
- Lebih cepat dan hemat dalam pekerjaan



50kg

## Produk lainnya

### ◆ Concrete Fill R200

Memperbaiki retak & celah beton

- Bahan perekat/bonding dinding plester antara permukaan beton.
- Sebagai bahan pengisi keropos pada beton, celah pada panel, dll.
- Tebal aplikasi 3-15 mm

25kg  
40kg



### ◆ Beton

Beton instan siap pakai

- Tersedia K 175, K 225, K300



50kg

### ◆ Bonding Agent L007

Bonding untuk beton dan mortar



1L

[www.drymix.co.id](http://www.drymix.co.id)

## Keunggulan

### Tile Adhesive

1. Mencegah Keramik terangkat (Flexible)
2. Praktis dan Mudah dlm Aplikasi (cukup dicampur air)
3. Tipis - mengurangi beban bangunan (ketebalan : 3-5 mm)
4. Tanpa Pembongkaran Keramik Lama (tile on tile)
5. Kuat menahan beban tekan pada permukaan keramik
6. Aplikasi dapat langsung pada Beton (High Adhesive)

### Pengisi Rongga NAT

#### FS NAT

- Pengisi Rongga NAT :  
- Keramik - Granit  
- Marmer - Batu Alam
- Bersifat WATERPROOF, cocok untuk :  
- Kolam Renang  
- Kamar Mandi
- Bersifat FLEXIBLE & Anti UV (sbg ruang gerak keramik) cocok untuk lantai dan Dinding



Daya Sebar : 6-8 m<sup>2</sup>/kg  
Adukan = 1 kg : 400 cc air

Kemasan : Kantong 1kg

#### FK 101

- Pemasangan Keramik, Granit dan Marmer pada :  
- Lantai Keramik (Tile on Tile)  
- Lantai Beton/ Plesteran
- Pemasangan Glass Block
- Pembuatan ALUR MINIMALIS dgn SEROK GIGI



Daya Sebar : 4-6 kg/m<sup>2</sup>  
Adukan = 1 kg : 250 cc air

Kemasan :  
Kantong 5kg ; Zak 30kg

#### FK 111

- Pemasangan Keramik Granit dan Marmer pada :  
- Dinding (Anti Melorot)  
- Langit-langit  
- Balok Beton
- Pemasangan Profil GYPSUM
- Pembuatan ALUR MINIMALIS
- Pemasangan BATU ALAM



Daya Sebar : 4-6 kg/m<sup>2</sup>  
Adukan = 1 kg : 250 cc air

Kemasan :  
Kantong 5kg ; Zak 30kg

### Perekat Keramik Lantai

### Perekat Keramik Dinding

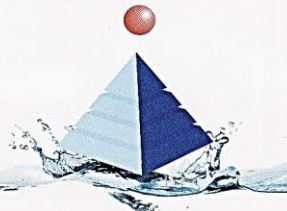
# LEMIKRA®

E-mail : Lemkra@gmail.com

GERMANY  
T.E.C.H.N.O.L.O.G.Y

**SPECIALIST**

**WATERPROOFING  
&  
TILE ADHESIVE**



Water Proofing • Tile Adhesive • Repairing • Finishing & Coating

## PERHITUNGAN TITIK BERAT BANGUNAN (cm)

### KOLOM PENDEK :

Kolom											
No	Tipe	Dimensi Kolom			L	BJ Beton	Berat	Jarak ke Xo	Jarak ke Yo	W.x	W.y
		Arah	b	h			(W)	(X)	(Y)		
			(m)	(m)	(m)	(Kg/m <sup>2</sup> )	(Kg)	(m)	(m)	(Kg.m)	(Kg.m)
1	K 60/60		0.6	0.6	1	2400	864	2.4	35.5	2073.6	30672
2			0.6	0.6	1	2400	864	12.45	35.5	10756.8	30672
3			0.6	0.6	1	2400	864	2.4	31.2	2073.6	26956.8
4			0.6	0.6	1	2400	864	12.45	31.2	10756.8	26956.8
5			0.6	0.6	1	2400	864	2.4	24	2073.6	20736
6			0.6	0.6	1	2400	864	12.45	24	10756.8	20736



7			0.6	0.6	1	2400	864	2.4	16.8	2073.6	14515.2
8			0.6	0.6	1	2400	864	12.45	16.8	10756.8	14515.2
9			0.6	0.6	1	2400	864	2.4	9.6	2073.6	8294.4
10			0.6	0.6	1	2400	864	12.45	9.6	10756.8	8294.4
11			0.6	0.6	1	2400	864	4.2	4.8	3628.8	4147.2
12			0.6	0.6	1	2400	864	12.45	4.8	10756.8	4147.2
13			0.6	0.6	1	2400	864	4.2	0	3628.8	0
14			0.6	0.6	1	2400	864	12.45	0	10756.8	0
15	K 50/50		0.5	0.5	1	2400	600	0	35.5	0	21300
16			0.5	0.5	1	2400	600	0	31.2	0	18720
17			0.5	0.5	1	2400	600	0	24	0	14400
18			0.5	0.5	1	2400	600	0	16.8	0	10080
19			0.5	0.5	1	2400	600	0	9.6	0	5760

20			0.5	0.5	1	2400	600	0	4.8	0	2880
21			0.5	0.5	1	2400	600	0	0	0	0
22	K3 30/30		0.3	0.3	1	2400	216	10.6	32.4	2289.6	6998.4
23			0.3	0.3	1	2400	216	9.2	32.4	1987.2	6998.4
Total							16296			97200	297780

Lantai 1		Berat	W.x	W.y
		(W)		
		(Kg)	(Kg.m)	(Kg.m)
Total Lantai 1		16296	97200	297780

Perhitungan Letak Titik Berat		
Xa		Ya
(m)		(m)
5.964653903		18.27319588

## LANTAI 1

- Dinding

Dinding											
No	Type	Dimensi Dinding			Tebal Plat	Berat Tembok	Berat	Jarak ke Xo	Jarak ke Yo	W.x	W.y
		Arah	Panjang	Tinggi			(W)	(X)	(Y)		
			(m)	(m)	(m)	(Kg/m2)	(Kg)	(m)	(m)	(Kg.m)	(Kg.m)
1	Lantai I	X	4.2	6.8		70.5	2013.48	2.1	35.5	4228.308	71478.54
2			8.25	6.8		70.5	3955.05	8.325	35.5	32925.79	140404.3
3			10.05	6.8		70.5	4817.97	7.425	32.4	35773.43	156102.2
4			1.6	6.8		70.5	767.04	3.2	30.45	2454.528	23356.37
5			1.6	6.8		70.5	767.04	4.8	30.45	3681.792	23356.37
6			0.6	6.8		70.5	287.64	5.9	31.2	1697.076	8974.368

7			1.85	6.8		70.5	886.89	11.525	31.2	10221.41	27670.97
8			2.4	6.8		70.5	1150.56	1.2	29.45	1380.672	33883.99
9			10.05	6.8		70.5	4817.97	7.425	29.45	35773.43	141889.2
10			10.05	6.8		70.5	4817.97	7.425	24	35773.43	115631.3
11			10.05	6.8		70.5	4817.97	7.425	16.8	35773.43	80941.9
12			10.05	6.8		70.5	4817.97	7.425	12	35773.43	57815.64
13			2.4	6.8		70.5	1150.56	1.2	9.6	1380.672	11045.38
14			10.05	6.8		70.5	4817.97	7.425	9.6	35773.43	46252.51
15			3.15	6.8		70.5	1510.11	10.875	7.2	16422.45	10872.79
16			8.25	6.8		70.5	3955.05	8.325	4.8	32925.79	18984.24
17			4.2	6.8		70.5	2013.48	2.1	0	4228.308	0
18			8.25	6.8		70.5	3955.05	8.325	0	32925.79	0
21		Y	4.3	6.8		70.5	2061.42	0	33.35	0	68748.36

22			4.3	6.8		70.5	2061.42	2.4	4.55	4947.408	9379.461
23			3.1	6.8		70.5	1486.14	10.6	33.95	15753.08	50454.45
24			3.1	6.8		70.5	1486.14	11.25	33.95	16719.08	50454.45
25			4.3	6.8		70.5	2061.42	12.45	33.35	25664.68	68748.36
26			7.2	6.8		70.5	3451.68	0	27.6	0	95266.37
27			7.2	6.8		70.5	3451.68	2.4	27.6	8284.032	95266.37
28			2.95	6.8		70.5	1414.23	4	30.925	5656.92	43735.06
29			2.95	6.8		70.5	1414.23	5.6	30.925	7919.688	43735.06
30			2.95	6.8		70.5	1414.23	6.2	30.925	8768.226	43735.06
31			2.95	6.8		70.5	1414.23	10.6	30.925	14990.84	43735.06
32			7.2	6.8		70.5	3451.68	12.45	27.6	42973.42	95266.37
33			7.2	6.8		70.5	3451.68	0	20.4	0	70414.27
34			7.2	6.8		70.5	3451.68	4.2	20.4	14497.06	70414.27

35			7.2	6.8		70.5	3451.68	12.45	20.4	42973.42	70414.27
36			7.2	6.8		70.5	3451.68	0	13.2	0	45562.18
37			2.4	6.8		70.5	1150.56	5.6	10.8	6443.136	12426.05
38			2.4	6.8		70.5	1150.56	9.3	10.8	10700.21	12426.05
39			7.2	6.8		70.5	3451.68	12.45	13.2	42973.42	45562.18
40			4.8	6.8		70.5	2301.12	0	7.2	0	16568.06
41			4.8	6.8		70.5	2301.12	9.2	7.2	21170.3	16568.06
42			4.8	6.8		70.5	2301.12	12.45	7.2	28648.94	16568.06
43			4.8	6.8		70.5	2301.12	0	2.4	0	5522.688
44			4.8	6.8		70.5	2301.12	4.2	2.4	9664.704	5522.688
45			4.8	6.8		70.5	2301.12	12.45	2.4	28648.94	5522.688
Total							109854.5			716510.6	2070676
										6.52236	18.84926

- Sloof :

Sloof											
No	Type	Dimensi Sloof			Panjang	BJ Beton	Berat	Jarak ke Xo	Jarak ke Yo	W.x	W.y
		Arah	b	h			(W)	(X)	(Y)		
			(m)	(m)	(m)	(Kg/m <sup>2</sup> )	(Kg)	(m)	(m)	(Kg.m)	(Kg.m)
1	S1	X	0.45	0.7	4.2	2400	3175.2	2.1	35.5	6667.92	112719.6
2	S1		0.45	0.7	8.25	2400	6237	8.325	35.5	51923.03	221413.5
3	S1		0.45	0.7	10.05	2400	7597.8	7.425	32.4	56413.67	246168.7
4	S1		0.45	0.7	1.6	2400	1209.6	3.2	30.45	3870.72	36832.32
5	S1		0.45	0.7	1.6	2400	1209.6	4.8	30.45	5806.08	36832.32
6	S1		0.45	0.7	0.6	2400	453.6	5.9	31.2	2676.24	14152.32
7	S1		0.45	0.7	1.85	2400	1398.6	11.525	31.2	16118.87	43636.32

8	S1		0.45	0.7	10.05	2400	7597.8	7.425	29.45	56413.67	223755.2
9	S1		0.45	0.7	2.4	2400	1814.4	1.2	29.45	2177.28	53434.08
10	S1		0.45	0.7	2.4	2400	1814.4	1.2	24	2177.28	43545.6
11	S1		0.45	0.7	10.05	2400	7597.8	7.425	24	56413.67	182347.2
12	S1		0.45	0.7	10.05	2400	7597.8	7.425	12	56413.67	91173.6
13	S1		0.45	0.7	2.4	2400	1814.4	1.2	16.8	2177.28	30481.92
14	S1		0.45	0.7	10.05	2400	7597.8	7.425	16.8	56413.67	127643
15	S1		0.45	0.7	2.4	2400	1814.4	1.2	9.6	2177.28	17418.24
16	S1		0.45	0.7	10.05	2400	7597.8	7.425	9.6	56413.67	72938.88
17	S1		0.45	0.7	3.15	2400	2381.4	10.875	7.2	25897.73	17146.08
18	S1		0.45	0.7	8.25	2400	6237	8.325	4.8	51923.03	29937.6
19	S1		0.45	0.7	4.2	2400	3175.2	2.4	4.8	7620.48	15240.96
20	S1		0.45	0.7	4.2	2400	3175.2	2.4	0	7620.48	0



21	S1		0.45	0.7	8.25	2400	6237	8.325	0	51923.03	0
22	S1	y	0.45	0.7	4.3	2400	3250.8	0	33.35	0	108414.2
23	S1		0.45	0.7	4.3	2400	3250.8	2.4	33.35	7801.92	108414.2
24	S1		0.45	0.7	3.1	2400	2343.6	7.425	33.95	17401.23	79565.22
25	S1		0.45	0.7	3.1	2400	2343.6	10.6	33.95	24842.16	79565.22
26	S1		0.45	0.7	3.1	2400	2343.6	11.25	35.5	26365.5	83197.8
27	S1		0.45	0.7	4.3	2400	3250.8	12.45	33.35	40472.46	108414.2
28	S1		0.45	0.7	7.2	2400	5443.2	0	27.6	0	150232.3
29	S1		0.45	0.7	7.2	2400	5443.2	2.4	27.6	13063.68	150232.3
30	S1		0.45	0.7	2.95	2400	2230.2	4	30.925	8920.8	68968.94
31	S1		0.45	0.7	2.95	2400	2230.2	5.6	30.925	12489.12	68968.94
32	S1		0.45	0.7	2.95	2400	2230.2	6.2	30.925	13827.24	68968.94
33	S1		0.45	0.7	2.95	2400	2230.2	10.6	30.925	23640.12	68968.94

34	S1		0.45	0.7	7.2	2400	5443.2	12.45	27.6	67767.84	150232.3
35	S1		0.45	0.7	7.2	2400	5443.2	0	20.4	0	111041.3
36	S1		0.45	0.7	7.2	2400	5443.2	4.2	20.4	22861.44	111041.3
37	S1		0.45	0.7	7.2	2400	5443.2	12.45	20.4	67767.84	111041.3
38	S1		0.45	0.7	7.2	2400	5443.2	0	13.2	0	71850.24
39	S1		0.45	0.7	7.2	2400	5443.2	2.4	13.2	13063.68	71850.24
40	S1		0.45	0.7	2.4	2400	1814.4	5.6	10.8	10160.64	19595.52
41	S1		0.45	0.7	2.4	2400	1814.4	9.3	10.8	16873.92	19595.52
42	S1		0.45	0.7	7.2	2400	5443.2	12.45	13.2	67767.84	71850.24
43	S1		0.45	0.7	4.8	2400	3628.8	0	7.2	0	26127.36
44	S1		0.45	0.7	4.8	2400	3628.8	9.3	7.2	33747.84	26127.36
45	S1		0.45	0.7	4.8	2400	3628.8	12.45	7.2	45178.56	26127.36
46	S1		0.45	0.7	4.8	2400	3628.8	0	2.4	0	8709.12

47	S1		0.45	0.7	4.8	2400	3628.8	4.2	2.4	15240.96	8709.12
48	S1		0.45	0.7	4.8	2400	3628.8	12.45	2.4	45178.56	8709.12
Total							187828.2			1173672	3603336
										6.248647	19.18421

- Kolom :

Kolom											
No	Type	Dimensi Kolom			Panjang	BJ Beton	Berat	Jarak ke Xo	Jarak ke Yo	W.x	W.y
		Arah	b	h			(W)	(X)	(Y)		
			(m)	(m)			(Kg)	(m)	(m)		
1	K 60/60		0.6	0.6	6.8	2400	5875.2	2.4	35.5	14100.48	208569.6
2			0.6	0.6	6.8	2400	5875.2	12.45	35.5	73146.24	208569.6

3			0.6	0.6	6.8	2400	5875.2	2.4	31.2	14100.48	183306.2
4			0.6	0.6	6.8	2400	5875.2	12.45	31.2	73146.24	183306.2
5			0.6	0.6	6.8	2400	5875.2	2.4	24	14100.48	141004.8
6			0.6	0.6	6.8	2400	5875.2	12.45	24	73146.24	141004.8
7			0.6	0.6	6.8	2400	5875.2	2.4	16.8	14100.48	98703.36
8			0.6	0.6	6.8	2400	5875.2	12.45	16.8	73146.24	98703.36
9			0.6	0.6	6.8	2400	5875.2	2.4	9.6	14100.48	56401.92
10			0.6	0.6	6.8	2400	5875.2	12.45	9.6	73146.24	56401.92
11			0.6	0.6	6.8	2400	5875.2	4.2	4.8	24675.84	28200.96
12			0.6	0.6	6.8	2400	5875.2	12.45	4.8	73146.24	28200.96
13			0.6	0.6	6.8	2400	5875.2	4.2	0	24675.84	0
14			0.6	0.6	6.8	2400	5875.2	12.45	0	73146.24	0
15			0.5	0.5	6.8	2400	4080	0	35.5	0	144840

16	K 50/50		0.5	0.5	6.8	2400	4080	0	31.2	0	127296
17			0.5	0.5	6.8	2400	4080	0	24	0	97920
18			0.5	0.5	6.8	2400	4080	0	16.8	0	68544
19			0.5	0.5	6.8	2400	4080	0	9.6	0	39168
20			0.5	0.5	6.8	2400	4080	0	4.8	0	19584
21			0.5	0.5	6.8	2400	4080	0	0	0	0
22	K3 30/30		0.3	0.3	6.8	2400	1468.8	10.6	32.4	15569.28	47589.12
23			0.3	0.3	6.8	2400	1468.8	9.2	32.4	13512.96	47589.12
Total							113750.4			660960	2024904
										6	17.80129

Lantai 1		Berat	W.x	W.y
		(W)		
		(Kg)		
Total Lantai 1		411433.11	2551142.686	7698916.046

Perhitungan Letak Titik Berat		
Xa		Ya
(m)		(m)
6.200625627		18.71243674

## LANTAI 2

- Plat Lantai

Plat Lantai										
No	Tipe	Dim Plat		Teba l Plat	BJ beton	Berat	Jarak ke Xo	Jarak ke Yo	W.x	W.y
		P	L			(W)	(X)	(Y)		
		(m)	(m)	(m)	(Kg/m2)	(Kg)	(m)	(m)	(Kg.m)	(Kg.m)

1	S1	4.3	2.4	0.12	2400	24768	1.2	33.35	826012.8	29721.6
2	S1	5.03	1.2	0.12	2400	14486.4	4.91	31.8	460667.5	71128.22
3	S1	3.18	1.2	0.12	2400	9158.4	8.695	31.8	291237.1	79632.29
4	S1	1.9	1.2	0.12	2400	5328	11.85	31.45	167565.6	63136.8
5	S1	3.1	1.1	0.12	2400	8184	11.9	33.95	277846.8	97389.6
6	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	29.4	609638.4	24883.2
7	S1	1.6	1.1	0.12	2400	4224	3.45	30.4	128409.6	14572.8
8	S1	1.6	1.3	0.12	2400	4992	3.35	29.3	146265.6	16723.2
9	S1	1.6	1.1	0.12	2400	4224	5.05	30.4	128409.6	21331.2
10	S1	1.6	1.3	0.12	2400	4992	4.95	29.3	146265.6	24710.4
11	S1	1.22	1.1	0.12	2400	3220.8	6.875	30.59	98524.27	22143
12	S1	1.3	$\frac{1.2}{2}$	0.12	2400	3806.4	8.305	29.45	112098.5	31612.15

13	S1	1.1	0.9	0.12	2400	2376	7.875	30.65	72824.4	18711
14	S1	1.3	0.9	0.12	2400	2808	7.875	29.45	82695.6	22113
15	S1	2.28	1.1	0.12	2400	6019.2	10.05	30.06	180937.2	60492.96
16	S1	2.28	1.3	0.12	2400	7113.6	9.95	28.96	206009.9	70780.32
17	S1	1.85	1.3	0.12	2400	5772	11.8	29.175	168398.1	68109.6
18	S1	1.85	1.1	0.12	2400	4884	11.9	30.275	147863.1	58119.6
19	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	25.8	534988.8	24883.2
20	S1	5.03	4.8	0.12	2400	57945.6	5.025	26.285	1523100	291176.6
21	S1	5.03	4.8	0.12	2400	57945.6	10.05	26.285	1523100	582353.3
22	S1	5.03	4.8	0.12	2400	57945.6	10.05	26.285	1523100	582353.3
23	S1	5.03	4.8	0.12	2400	57945.6	10.05	26.285	1523100	582353.3
24	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	22.2	460339.2	24883.2
25	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	5.625	21.485	933720.9	244458



26	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	10.65	21.485	933720.9	462840.5
27	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	22.2	460339.2	24883.2
28	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	5.625	17.885	777267.8	244458
29	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	10.65	17.855	775964	462840.5
30	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	15	311040	24883.2
31	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	5.625	14.285	620814.7	244458
32	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	10.65	14.285	620814.7	462840.5
33	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	11.4	236390.4	24883.2
34	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	5.625	10.685	464361.6	244458
35	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	10.65	10.685	464361.6	462840.5
36	S1	4.8	4.2	0.12	2400	48384	2.1	7.2	348364.8	101606.4
37	S1	5.1	4.8	0.12	2400	58752	6.9	7.05	414201.6	405388.8
38	S1	4.8	4.2	0.12	2400	48384	2.1	2.4	116121.6	101606.4

39	S1	4.8	3.2 3	0.12	2400	37209.6	5.81	2.4	89303.04	216187.8
Total							975748.8		18906185	6611947
									19.37608	6.77628

- Dinding :

Dinding											
No	Tipe	Dimensi Dinding			Tebal dinding	Berat Tembok	Berat	Jarak ke Xo	Jarak ke Yo	W.x	W.y
		Arah	P	H			(W)	(X)	(Y)		
			(m)	(m)			(Kg)	(m)	(m)		
1	Lantai 2	X	4.2	4.8		70.5	1421.28	2.1	35.5	50455.44	2984.688
2			8.25	4.8		70.5	2791.8	8.325	35.5	99108.9	23241.74
3			8.25	4.8		70.5	2791.8	6.5	32.4	90454.32	18146.7

4			1.85	4.8		70.5	626.04	11.525	32.4	20283.7	7215.111
5			10.05	4.8		70.5	3400.92	5.025	31.2	106108.7	17089.62
6			5.025	4.8		70.5	1700.46	4	30.1	51183.85	6801.84
7			1.225	4.8		70.5	414.54	9.937	30.1	12477.65	4119.284
8			5.025	4.8		70.5	1700.46	9.937	28.8	48973.25	16897.47
9			5.025	4.8		70.5	1700.46	4.9125	28.8	48973.25	8353.51
10			10.05	4.8		70.5	3400.92	7.425	24	81622.08	25251.83
11			10.05	4.8		70.5	3400.92	7.425	16.8	57135.46	25251.83
12			10.05	4.8		70.5	3400.92	7.425	13.2	44892.14	25251.83
13			10.05	4.8		70.5	3400.92	7.425	9.6	32648.83	25251.83
16			3.15	4.8		70.5	1065.96	10.875	7.2	7674.912	11592.32
17			8.25	4.8		70.5	2791.8	8.325	4.8	13400.64	23241.74
18			8.25	4.8		70.5	2791.8	8.325	0	0	23241.74

19			4.2	4.8		70.5	1421.28	2.1	0	0	2984.688
20		Y	4.3	4.8		70.5	1455.12	0	33.35	0	48528.25
21			4.3	4.8		70.5	1455.12	2.4	33.35	3492.288	48528.25
22			4.3	4.8		70.5	1455.12	10.6	33.35	15424.27	48528.25
23			3.1	4.8		70.5	1049.04	11.35	33.95	11906.6	35614.91
24			4.3	4.8		70.5	1455.12	12.45	33.35	18116.24	48528.25
25			7.2	4.8		70.5	2436.48	0	27.6	0	67246.85
26			7.2	4.8		70.5	2436.48	2.4	27.6	5847.552	67246.85
27			1.1	4.8		70.5	372.24	4	30.65	1488.96	11409.16
28			1.3	4.8		70.5	439.92	4	29.45	1759.68	12955.64
29			2.4	4.8		70.5	812.16	5.6	30	4548.096	24364.8
30			2.4	4.8		70.5	812.16	6.2	30	5035.392	24364.8
31			7.2	4.8		70.5	2436.48	7.425	27.6	18090.86	67246.85

32			1.1	4.8		70.5	372.24	8.325	30.65	3098.898	11409.16
33			1.3	4.8		70.5	439.92	8.325	29.45	3662.334	12955.64
34			1.1	4.8		70.5	372.24	10.6	30.65	3945.744	11409.16
35			1.3	4.8		70.5	439.92	10.6	29.45	4663.152	12955.64
36			7.2	4.8		70.5	2436.48	12.45	27.6	30334.18	67246.85
37			7.2	4.8		70.5	2436.48	0	20.4	0	49704.19
38			7.2	4.8		70.5	2436.48	2.4	20.4	5847.552	49704.19
39			7.2	4.8		70.5	2436.48	7.425	20.4	18090.86	49704.19
40			7.2	4.8		70.5	2436.48	12.45	20.4	30334.18	49704.19
41			7.2	4.8		70.5	2436.48	0	13.2	0	32161.54
42			7.2	4.8		70.5	2436.48	2.4	13.2	5847.552	32161.54
43			7.2	4.8		70.5	2436.48	7.425	13.2	18090.86	32161.54
44			7.2	4.8		70.5	2436.48	12.45	13.2	30334.18	32161.54

45			4.8	4.8		70.5	1624.32	0	7.2	0	11695.1
46			4.8	4.8		70.5	1624.32	9.3	7.2	15106.18	11695.1
47			4.8	4.8		70.5	1624.32	12.45	7.2	20222.78	11695.1
48			4.8	4.8		70.5	1624.32	25	18	40608	29237.76
49			4.8	4.8		70.5	1624.32	0	2.4	0	3898.368
50			4.8	4.8		70.5	1624.32	12.45	2.4	20222.78	3898.368
Total							88136.3			1101512	1287040
										12.49783	14.60284

- Balok :

Balok											
No	Tipe	Dimensi Balok			L	BJ Beton	Berat	Jarak ke Xo	Jarak ke Yo	W.x	W.y
		Arah	b	h			(W)	(X)	(Y)		
			(m)	(m)	(m)	(Kg/m2)	(Kg)	(m)	(m)	(Kg.m)	(Kg.m)
1	B1	X	0.45	0.7	4.2	2400	3175.2	2.1	35.5	6667.92	112719.6
2			0.45	0.7	8.25	2400	6237	8.325	35.5	51923.03	221413.5
5			0.45	0.7	2.4	2400	1814.4	1.2	31.2	2177.28	56609.28
6			0.45	0.7	10.05	2400	7597.8	7.425	31.2	56413.67	237051.4
9			0.45	0.7	2.4	2400	1814.4	1.2	24	2177.28	43545.6
10			0.45	0.7	10.05	2400	7597.8	7.425	24	56413.67	182347.2
11			0.45	0.7	2.4	2400	1814.4	1.2	20.4	2177.28	37013.76

12			0.45	0.7	10.05	2400	7597.8	7.425	20.4	56413.67	154995.1
13			0.45	0.7	2.4	2400	1814.4	1.2	16.8	2177.28	30481.92
14			0.45	0.7	10.05	2400	7597.8	7.425	16.8	56413.67	127643
15			0.45	0.7	4.2	2400	3175.2	2.1	4.8	6667.92	15240.96
16			0.45	0.7	8.25	2400	6237	8.325	4.8	51923.03	29937.6
17			0.45	0.7	4.2	2400	3175.2	2.1	0	6667.92	0
18			0.45	0.7	8.25	2400	6237	8.325	0	51923.03	0
19	B2	Y	0.35	0.5	4.3	2400	1806	0	33.35	0	60230.1
20			0.35	0.5	4.3	2400	1806	2.4	33.35	4334.4	60230.1
21			0.35	0.5	4.3	2400	1806	12.45	33.35	22484.7	60230.1
22			0.35	0.5	7.2	2400	3024	0	27.6	0	83462.4
23			0.35	0.5	7.2	2400	3024	2.4	27.6	7257.6	83462.4
24			0.35	0.5	7.2	2400	3024	12.45	27.6	37648.8	83462.4



25			0.35	0.5	7.2	2400	3024	0	20.4	0	61689.6
26			0.35	0.5	7.2	2400	3024	2.4	20.4	7257.6	61689.6
27			0.35	0.5	7.2	2400	3024	12.45	20.4	37648.8	61689.6
28			0.35	0.5	7.2	2400	3024	0	13.2	0	39916.8
29			0.35	0.5	7.2	2400	3024	2.4	13.2	7257.6	39916.8
30			0.35	0.5	7.2	2400	3024	12.45	13.2	37648.8	39916.8
31			0.35	0.5	4.8	2400	2016	0	7.2	0	14515.2
32			0.35	0.5	4.8	2400	2016	4.2	7.2	8467.2	14515.2
33			0.35	0.5	4.8	2400	2016	12.45	7.2	25099.2	14515.2
34			0.35	0.5	4.8	2400	2016	0	2.4	0	4838.4
35			0.35	0.5	4.8	2400	2016	4.2	2.4	8467.2	4838.4
36			0.35	0.5	4.8	2400	2016	12.45	2.4	25099.2	4838.4
37	B4	X	0.35	0.5	8.2	2400	3444	6.5	32.4	22386	111585.6

38			0.35	0.5	1.85	2400	777	11.525	32.4	8954.925	25174.8
39			0.35	0.5	2.4	2400	1008	1.2	27.6	1209.6	27820.8
40			0.35	0.5	5.025	2400	2110.5	4.9125	28.8	10367.83	60782.4
41			0.35	0.5	5.025	2400	2110.5	9.9375	28.8	20973.09	60782.4
42			0.35	0.5	2.4	2400	1008	1.2	20.4	1209.6	20563.2
43			0.35	0.5	10.05	2400	4221	7.425	20.4	31340.93	86108.4
44			0.35	0.5	2.4	2400	1008	1.2	13.2	1209.6	13305.6
45			0.35	0.5	10.05	2400	4221	7.425	13.2	31340.93	55717.2
46			0.35	0.5	3.15	2400	1323	10.875	7.2	14387.63	9525.6
47		Y	0.35	0.5	1.2	2400	504	7.425	31.8	3742.2	16027.2
48			0.35	0.5	4.3	2400	1806	10.6	33.35	19143.6	60230.1
49			0.35	0.5	7.2	2400	3024	7.425	27.6	22453.2	83462.4
50			0.35	0.5	7.2	2400	3024	7.425	20.4	22453.2	61689.6

51			0.35	0.5	7.2	2400	3024	7.425	13.2	22453.2	39916.8
52			0.35	0.5	4.8	2400	2016	9.3	7.2	18748.8	14515.2
53			0.35	0.5	4.8	2400	2016	7.425	2.4	14968.8	4838.4
54	B5	X	0.15	0.2	3.2	2400	230.4	4	30.1	921.6	6935.04
55			0.15	0.2	1.225	2400	88.2	6.8125	30.1	600.8625	2654.82
56			0.15	0.2	5.025	2400	361.8	9.9375	30.1	3595.388	10890.18
57		Y	0.15	0.2	4.3	2400	309.6	11.35	33.39	3513.96	10337.54
58			0.15	0.2	1.1	2400	79.2	4	31.75	316.8	2514.6
59			0.15	0.2	1.3	2400	93.6	4	29.45	374.4	2756.52
60			0.15	0.2	2.4	2400	172.8	5.6	30	967.68	5184
61			0.15	0.2	2.4	2400	172.8	6.2	30	1071.36	5184
62			0.15	0.2	1.1	2400	79.2	6.8125	30.1	539.55	2383.92
63			0.15	0.2	1.3	2400	93.6	8.325	30.65	779.22	2868.84

64			0.15	0.2	1.1	2400	79.2	10.6	30.65	839.52	2427.48
65			0.15	0.2	1.3	2400	93.6	10.6	29.45	992.16	2756.52
Total							149114.4			920663.3	2851896
										6.174208	19.12555

- Kolom :

Kolom											
No	Tipe	Dimensi Kolom			Panjang	BJ Beton	Berat	Jarak ke Xo	Jarak ke Yo	W.x	W.y
		Arah	b	h			(W)	(X)	(Y)		
			(m)	(m)			(Kg)	(m)	(m)		
1	K 60/60		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	2.4	35.5	9953.28	147225.6
2			0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	35.5	51632.64	147225.6

3			0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	2.4	31.2	9953.28	129392.6
4			0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	31.2	51632.64	129392.6
5			0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	2.4	24	9953.28	99532.8
6			0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	24	51632.64	99532.8
7			0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	2.4	16.8	9953.28	69672.96
8			0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	16.8	51632.64	69672.96
9			0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	2.4	9.6	9953.28	39813.12
10			0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	9.6	51632.64	39813.12
11			0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	4.2	4.8	17418.24	19906.56
12			0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	4.8	51632.64	19906.56
13			0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	4.2	0	17418.24	0
14			0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	0	51632.64	0
15			0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	35.5	0	102240

16	K 50/50		0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	31.2	0	89856
17			0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	24	0	69120
18			0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	16.8	0	48384
19			0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	9.6	0	27648
20			0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	4.8	0	13824
21			0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	0	0	0
22	K 30/30		0.3	0.3	4.8	2400	1036.8	10.6	32.4	10990.08	33592.32
23			0.3	0.3	4.8	2400	1036.8	9.2	32.4	9538.56	33592.32
Total							80294.4			466560	1429344
										5.810617	17.80129

Lantai 2	Berat	W.x	W.y
	(W)		
	(Kg)	(Kg.m)	(Kg.m)
Total Lantai 2	1293293.88	21394920.35	12180226.11

Perhitungan Letak Titik Berat		
Xa		Ya
(m)		(m)
16.54296883		9.417987898

### LANTAI 3

- Plat Lantai

Plat Lantai										
No	Tipe	Dimensi Plat		Tebal Plat	Berat plat	Berat	Jarak ke Xo	Jarak ke Yo	W.x	W.y
		Panjang	Lebar			(W)	(X)	(Y)		
		(m)	(m)	(m)	(Kg/m2)	(Kg)	(m)	(m)	(Kg.m)	(Kg.m)

1	S1	4.3	2.4	0.12	2400	24768	1.2	33.35	826012.8	29721.6
2	S1	5.03	1.2	0.12	2400	14486.4	4.91	31.8	460667.5	71128.22
3	S1	3.18	1.2	0.12	2400	9158.4	8.695	31.8	291237.1	79632.29
4	S1	1.9	1.2	0.12	2400	5328	11.85	31.45	167565.6	63136.8
5	S1	3.1	1.1	0.12	2400	8184	11.9	33.95	277846.8	97389.6
6	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	29.4	609638.4	24883.2
7	S1	1.6	1.1	0.12	2400	4224	3.45	30.4	128409.6	14572.8
8	S1	1.6	1.3	0.12	2400	4992	3.35	29.3	146265.6	16723.2
9	S1	1.6	1.1	0.12	2400	4224	5.05	30.4	128409.6	21331.2
10	S1	1.6	1.3	0.12	2400	4992	4.95	29.3	146265.6	24710.4
11	S1	1.22	1.1	0.12	2400	3220.8	6.875	30.59	98524.27	22143
12	S1	1.3	1.22	0.12	2400	3806.4	8.305	29.45	112098.5	31612.15
13	S1	1.1	0.9	0.12	2400	2376	7.875	30.65	72824.4	18711



14	S1	1.3	0.9	0.12	2400	2808	7.875	29.45	82695.6	22113
15	S1	2.28	1.1	0.12	2400	6019.2	10.05	30.06	180937.2	60492.96
16	S1	2.28	1.3	0.12	2400	7113.6	9.95	28.96	206009.9	70780.32
17	S1	1.85	1.3	0.12	2400	5772	11.8	29.175	168398.1	68109.6
18	S1	1.85	1.1	0.12	2400	4884	11.9	30.275	147863.1	58119.6
19	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	25.8	534988.8	24883.2
20	S1	5.03	4.8	0.12	2400	57945.6	5.025	26.285	1523100	291176.6
21	S1	5.03	4.8	0.12	2400	57945.6	10.05	26.285	1523100	582353.3
22	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	22.2	460339.2	24883.2
23	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	5.625	21.485	933720.9	244458
24	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	10.65	21.485	933720.9	462840.5
25	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	22.2	460339.2	24883.2
26	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	5.625	17.885	777267.8	244458

27	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	10.65	17.855	775964	462840.5
28	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	15	311040	24883.2
29	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	5.625	14.285	620814.7	244458
30	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	10.65	14.285	620814.7	462840.5
31	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	11.4	236390.4	24883.2
32	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	5.625	10.685	464361.6	244458
33	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	10.65	10.685	464361.6	462840.5
34	S1	4.8	4.2	0.12	2400	48384	2.1	7.2	348364.8	101606.4
35	S1	5.1	4.8	0.12	2400	58752	6.9	7.05	414201.6	405388.8
36	S1	4.8	4.2	0.12	2400	48384	2.1	2.4	116121.6	101606.4
37	S1	4.8	3.23	0.12	2400	37209.6	5.81	2.4	89303.04	216187.8
Total						897067.2			15859985	5447240
									17.67982	6.072277

- Dinding

Dinding										
No	Tipe	Dimensi Dinding			Berat Tembok	Berat	Jarak ke Xo	Jarak ke Yo	W.x	W.y
		Arah	P	h		(W)	(X)	(Y)		
			(m)	(m)		(Kg)	(m)	(m)		
1	Lantai 2	X	4.2	4.8	70.5	1421.28	2.1	35.5	2984.688	50455.44
2			8.25	4.8	70.5	2791.8	8.325	35.5	23241.74	99108.9
3			1.85	4.8	70.5	626.04	11.525	32.4	7215.111	20283.7
4			8.2	4.8	70.5	2774.88	6.5	32.4	18036.72	89906.11
5			10.05	4.8	70.5	3400.92	7.425	31.2	25251.83	106108.7
6			3.2	4.8	70.5	1082.88	4	30.1	4331.52	32594.69
7			1.225	4.8	70.5	414.54	6.8125	30.1	2824.054	12477.65

8			5.025	4.8	70.5	1700.46	9.75	30.1	16579.49	51183.85
9			5.025	4.8	70.5	1700.46	4.9	28.8	8332.254	48973.25
10			5.025	4.8	70.5	1700.46	2.5125	28.8	4272.406	48973.25
11			10.05	4.8	70.5	3400.92	7.425	9.6	25251.83	32648.83
12			3.1	4.8	70.5	1049.04	10.875	7.2	11408.31	7553.088
13			8.25	4.8	70.5	2791.8	8.325	4.8	23241.74	13400.64
14			4.2	4.8	70.5	1421.28	2.1	0	2984.688	0
15			8.25	4.8	70.5	2791.8	8.325	0	23241.74	0
16		Y	4.3	4.8	70.5	1455.12	0	33.35	0	48528.25
17			4.3	4.8	70.5	1455.12	2.4	33.35	3492.288	48528.25
18			4.3	4.8	70.5	1455.12	10.6	33.35	15424.27	48528.25
19			3.1	4.8	70.5	1049.04	11.35	33.95	11906.6	35614.91
20			4.3	4.8	70.5	1455.12	12.45	33.35	18116.24	48528.25

21			7.2	4.8	70.5	2436.48	0	27.6	0	67246.85
22			7.2	4.8	70.5	2436.48	2.4	27.6	5847.552	67246.85
23			1.1	4.8	70.5	372.24	4	30.65	1488.96	11409.16
24			1.3	4.8	70.5	439.92	4	29.45	1759.68	12955.64
25			2.4	4.8	70.5	812.16	5.6	30	4548.096	24364.8
26			2.4	4.8	70.5	812.16	6.2	30	5035.392	24364.8
27			7.2	4.8	70.5	2436.48	7.425	27.6	18090.86	67246.85
28			1.1	4.8	70.5	372.24	8.325	30.65	3098.898	11409.16
29			1.3	4.8	70.5	439.92	8.325	29.45	3662.334	12955.64
30			1.1	4.8	70.5	372.24	10.6	30.65	3945.744	11409.16
31			1.3	4.8	70.5	439.92	10.6	29.45	4663.152	12955.64
32			7.2	4.8	70.5	2436.48	12.45	27.6	30334.18	67246.85
33			7.2	4.8	70.5	2436.48	0	20.4	0	49704.19

34			7.2	4.8	70.5	2436.48	2.4	20.4	5847.552	49704.19
35			7.2	4.8	70.5	2436.48	12.45	20.4	30334.18	49704.19
36			7.2	4.8	70.5	2436.48	0	13.2	0	32161.54
37			7.2	4.8	70.5	2436.48	2.4	13.2	5847.552	32161.54
38			7.2	4.8	70.5	2436.48	12.45	13.2	30334.18	32161.54
39			4.8	4.8	70.5	1624.32	0	7.2	0	11695.1
40			4.8	4.8	70.5	1624.32	9.3	7.2	15106.18	11695.1
41			4.8	4.8	70.5	1624.32	12.45	7.2	20222.78	11695.1
42			4.8	4.8	70.5	1624.32	0	2.4	0	3898.368
43			4.8	4.8	70.5	1624.32	12.45	2.4	20222.78	3898.368
Total						72485.28			458527.6	1522687
									6.325802	21.00684

- Balok

Balok											
No	Tipe	Dim balok			Panjang	BJ Beton	Berat	Jarak ke Xo	Jarak ke Yo	W.x	W.y
		Arah	b	h			(W)	(X)	(Y)		
			(m)	(m)	(m)	(Kg/m2)	(Kg)	(m)	(m)	(Kg.m)	(Kg.m)
1	B1	X	0.45	0.7	4.2	2400	3175.2	2.1	35.5	6667.92	112719.6
2			0.45	0.7	8.25	2400	6237	8.325	20.4	51923.03	127234.8
5			0.45	0.7	2.4	2400	1814.4	1.2	31.2	2177.28	56609.28
6			0.45	0.7	10.05	2400	7597.8	7.425	31.2	56413.67	237051.4
9			0.45	0.7	2.4	2400	1814.4	1.2	24	2177.28	43545.6
10			0.45	0.7	10.05	2400	7597.8	7.425	24	56413.67	182347.2
11			0.45	0.7	2.4	2400	1814.4	1.2	20.4	2177.28	37013.76

12			0.45	0.7	10.05	2400	7597.8	7.425	20.4	56413.67	154995.1
13			0.45	0.7	2.4	2400	1814.4	1.2	16.8	2177.28	30481.92
14			0.45	0.7	10.05	2400	7597.8	7.425	16.8	56413.67	127643
15			0.45	0.7	4.2	2400	3175.2	2.1	4.8	6667.92	15240.96
16			0.45	0.7	8.25	2400	6237	8.325	4.8	51923.03	29937.6
17			0.45	0.7	4.2	2400	3175.2	2.1	0	6667.92	0
18			0.45	0.7	8.25	2400	6237	8.325	0	51923.03	0
19	B2	Y	0.35	0.5	4.3	2400	1806	0	33.35	0	60230.1
20			0.35	0.5	4.3	2400	1806	2.4	33.35	4334.4	60230.1
21			0.35	0.5	4.3	2400	1806	12.45	33.35	22484.7	60230.1
22			0.35	0.5	7.2	2400	3024	0	27.6	0	83462.4
23			0.35	0.5	7.2	2400	3024	2.4	27.6	7257.6	83462.4
24			0.35	0.5	7.2	2400	3024	12.45	27.6	37648.8	83462.4



25			0.35	0.5	7.2	2400	3024	0	20.4	0	61689.6
26			0.35	0.5	7.2	2400	3024	2.4	20.4	7257.6	61689.6
27			0.35	0.5	7.2	2400	3024	12.45	20.4	37648.8	61689.6
28			0.35	0.5	7.2	2400	3024	0	13.2	0	39916.8
29			0.35	0.5	7.2	2400	3024	2.4	13.2	7257.6	39916.8
30			0.35	0.5	7.2	2400	3024	12.45	13.2	37648.8	39916.8
31			0.35	0.5	4.8	2400	2016	0	7.2	0	14515.2
32			0.35	0.5	4.8	2400	2016	4.2	7.2	8467.2	14515.2
33			0.35	0.5	4.8	2400	2016	12.45	7.2	25099.2	14515.2
34			0.35	0.5	4.8	2400	2016	0	2.4	0	4838.4
35			0.35	0.5	4.8	2400	2016	4.2	2.4	8467.2	4838.4
36			0.35	0.5	4.8	2400	2016	12.45	2.4	25099.2	4838.4
37	B4	X	0.35	0.5	8.2	2400	3444	6.5	32.4	22386	111585.6

38			0.35	0.5	1.85	2400	777	11.525	32.4	8954.925	25174.8
39			0.35	0.5	2.4	2400	1008	1.2	27.6	1209.6	27820.8
40			0.35	0.5	5.025	2400	2110.5	4.9125	28.8	10367.83	60782.4
41			0.35	0.5	5.025	2400	2110.5	9.9375	28.8	20973.09	60782.4
42			0.35	0.5	2.4	2400	1008	1.2	20.4	1209.6	20563.2
43			0.35	0.5	10.05	2400	4221	7.425	20.4	31340.93	86108.4
44			0.35	0.5	2.4	2400	1008	1.2	13.2	1209.6	13305.6
45			0.35	0.5	10.05	2400	4221	7.425	13.2	31340.93	55717.2
46			0.35	0.5	3.15	2400	1323	10.875	7.2	14387.63	9525.6
47		Y	0.35	0.5	1.2	2400	504	7.425	31.8	3742.2	16027.2
48			0.35	0.5	4.3	2400	1806	10.6	33.35	19143.6	60230.1
49			0.35	0.5	7.2	2400	3024	7.425	27.6	22453.2	83462.4
50			0.35	0.5	7.2	2400	3024	7.425	20.4	22453.2	61689.6

51			0.35	0.5	7.2	2400	3024	7.425	13.2	22453.2	39916.8
52			0.35	0.5	4.8	2400	2016	9.3	7.2	18748.8	14515.2
53			0.35	0.5	4.8	2400	2016	7.425	2.4	14968.8	4838.4
54	B5	X	0.35	0.5	3.2	2400	1344	4	30.1	5376	40454.4
55			0.35	0.5	1.225	2400	514.5	6.8125	30.1	3505.031	15486.45
56			0.35	0.5	5.025	2400	2110.5	9.9375	30.1	20973.09	63526.05
57		Y	0.35	0.5	4.3	2400	1806	11.35	33.39	20498.1	60302.34
58			0.35	0.5	1.1	2400	462	4	31.75	1848	14668.5
59			0.35	0.5	1.3	2400	546	4	29.45	2184	16079.7
60			0.35	0.5	2.4	2400	1008	5.6	30	5644.8	30240
61			0.35	0.5	2.4	2400	1008	6.2	30	6249.6	30240
62			0.35	0.5	1.1	2400	462	6.8125	30.1	3147.375	13906.2
63			0.35	0.5	1.3	2400	546	8.325	30.65	4545.45	16734.9

64			0.35	0.5	1.1	2400	462	10.6	30.65	4897.2	14160.3
65			0.35	0.5	1.3	2400	546	10.6	29.45	5787.6	16079.7
Total							158075.4			990807.1	3032702
										6.26794	19.18516

- Kolom

Kolom										
No	Tipe	Dimensi Kolom		L	BJ Beton	Berat	Jarak ke Xo	Jarak ke Yo	W.x	W.y
		b	h			(W)	(X)	(Y)		
		(m)	(m)	(m)	(Kg/m2)	(Kg)	(m)	(m)	(Kg.m)	(Kg.m)
1	K 60/60	0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	2.4	35.5	9953.28	147225.6
2		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	35.5	51632.64	147225.6

3		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	2.4	31.2	9953.28	129392.6
4		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	31.2	51632.64	129392.6
5		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	2.4	24	9953.28	99532.8
6		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	24	51632.64	99532.8
7		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	2.4	16.8	9953.28	69672.96
8		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	16.8	51632.64	69672.96
9		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	2.4	9.6	9953.28	39813.12
10		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	9.6	51632.64	39813.12
11		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	4.2	4.8	17418.24	19906.56
12		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	4.8	51632.64	19906.56
13		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	4.2	0	17418.24	0
14		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	0	51632.64	0
15		0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	35.5	0	102240

16	K 50/50	0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	31.2	0	89856
17		0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	24	0	69120
18		0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	16.8	0	48384
19		0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	9.6	0	27648
20		0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	4.8	0	13824
21		0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	0	0	0
22	K3 30/30	0.3	0.3	4.8	2400	1036.8	10.6	32.4	10990.08	33592.32
23		0.3	0.3	4.8	2400	1036.8	9.2	32.4	9538.56	33592.32
Total						80294.4			466560	1429344
									5.810617	17.80129

Lantai 3		Berat	W.x	W.y
		(W)		
		(Kg)	(Kg.m)	(Kg.m)
Total Lantai 2		1207922.28	17775879.16	11431972.78

Perhitungan Letak Titik Berat		
Xa		Ya
(m)		(m)
14.71607855		9.464162525

## LANTAI 4

- Plat Lantai :

Plat Lantai										
No	Tipe	Dimensi Plat		Tebal Plat	Berat Tembok	Berat	Jarak ke Xo	Jarak ke Yo	W.x	W.y
		P	L			(W)	(X)	(Y)		
		(m)	(m)			(Kg)	(m)	(m)		
1	S1	4.3	2.4	0.12	2400	24768	1.2	33.35	826012.8	29721.6
2	S1	5.03	1.2	0.12	2400	14486.4	4.91	31.8	460667.5	71128.22
3	S1	3.18	1.2	0.12	2400	9158.4	8.695	31.8	291237.1	79632.29
4	S1	1.9	1.2	0.12	2400	5328	11.85	31.45	167565.6	63136.8
5	S1	3.1	1.1	0.12	2400	8184	11.9	33.95	277846.8	97389.6
6	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	29.4	609638.4	24883.2
7	S1	1.6	1.1	0.12	2400	4224	3.45	30.4	128409.6	14572.8

8	S1	1.6	1.3	0.12	2400	4992	3.35	29.3	146265.6	16723.2
9	S1	1.6	1.1	0.12	2400	4224	5.05	30.4	128409.6	21331.2
10	S1	1.6	1.3	0.12	2400	4992	4.95	29.3	146265.6	24710.4
11	S1	1.22	1.1	0.12	2400	3220.8	6.875	30.59	98524.27	22143
12	S1	1.3	1.22	0.12	2400	3806.4	8.305	29.45	112098.5	31612.15
13	S1	1.1	0.9	0.12	2400	2376	7.875	30.65	72824.4	18711
14	S1	1.3	0.9	0.12	2400	2808	7.875	29.45	82695.6	22113
15	S1	2.28	1.1	0.12	2400	6019.2	10.05	30.06	180937.2	60492.96
16	S1	2.28	1.3	0.12	2400	7113.6	9.95	28.96	206009.9	70780.32
17	S1	1.85	1.3	0.12	2400	5772	11.8	29.175	168398.1	68109.6
18	S1	1.85	1.1	0.12	2400	4884	11.9	30.275	147863.1	58119.6
19	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	25.8	534988.8	24883.2
20	S1	5.03	4.8	0.12	2400	57945.6	5.025	26.285	1523100	291176.6
21	S1	5.03	4.8	0.12	2400	57945.6	10.05	26.285	1523100	582353.3
22	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	22.2	460339.2	24883.2
23	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	5.625	21.485	933720.9	244458
24	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	10.65	21.485	933720.9	462840.5
25	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	22.2	460339.2	24883.2
26	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	5.625	17.885	777267.8	244458
27	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	10.65	17.855	775964	462840.5
28	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	15	311040	24883.2



29	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	5.625	14.285	620814.7	244458
30	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	10.65	14.285	620814.7	462840.5
31	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	11.4	236390.4	24883.2
32	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	5.625	10.685	464361.6	244458
33	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	10.65	10.685	464361.6	462840.5
34	S1	4.8	4.2	0.12	2400	48384	2.1	7.2	348364.8	101606.4
35	S1	5.1	4.8	0.12	2400	58752	6.9	7.05	414201.6	405388.8
36	S1	4.8	4.2	0.12	2400	48384	2.1	2.4	116121.6	101606.4
37	S1	4.8	3.23	0.12	2400	37209.6	5.81	2.4	89303.04	216187.8
Total							897067.2		15859985	5447240
									17.67982	6.072277

- Dinding :

Dinding										
No	Tipe	Dimensi Dinding			Berat Tembok	Berat (W)	Jarak ke Xo (X)	Jarak ke Yo (Y)	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)
		Arah	Panjang (m)	Tinggi (m)						
1	Lantai 2	X	4.2	4.8	70.5	1421.28	2.1	35.5	2984.688	50455.44
2			8.25	4.8	70.5	2791.8	8.325	35.5	23241.74	99108.9
3			1.85	4.8	70.5	626.04	11.525	32.4	7215.111	20283.7
4			8.2	4.8	70.5	2774.88	6.5	32.4	18036.72	89906.11

5			10.05	4.8	70.5	3400.92	7.425	31.2	25251.83	106108.7
6			3.2	4.8	70.5	1082.88	4	30.1	4331.52	32594.69
7			1.225	4.8	70.5	414.54	6.8125	30.1	2824.054	12477.65
8			5.025	4.8	70.5	1700.46	9.75	30.1	16579.49	51183.85
9			5.025	4.8	70.5	1700.46	4.9	28.8	8332.254	48973.25
10			5.025	4.8	70.5	1700.46	2.5125	28.8	4272.406	48973.25
11			10.05	4.8	70.5	3400.92	4	9.6	13603.68	32648.83
12			3.1	4.8	70.5	1049.04	10.875	7.2	11408.31	7553.088
13			8.25	4.8	70.5	2791.8	6.2	4.8	17309.16	13400.64
14			4.2	4.8	70.5	1421.28	2.1	0	2984.688	0
15			8.25	4.8	70.5	2791.8	8.325	0	23241.74	0
16		Y	4.3	4.8	70.5	1455.12	0	33.35	0	48528.25
17			4.3	4.8	70.5	1455.12	2.4	33.35	3492.288	48528.25
18			4.3	4.8	70.5	1455.12	10.6	33.35	15424.27	48528.25
19			3.1	4.8	70.5	1049.04	11.35	33.95	11906.6	35614.91
20			4.3	4.8	70.5	1455.12	12.45	33.35	18116.24	48528.25
21			7.2	4.8	70.5	2436.48	0	27.6	0	67246.85
22			7.2	4.8	70.5	2436.48	2.4	27.6	5847.552	67246.85
23			1.1	4.8	70.5	372.24	4	30.65	1488.96	11409.16
24			1.3	4.8	70.5	439.92	4	29.45	1759.68	12955.64
25			2.4	4.8	70.5	812.16	5.6	30	4548.096	24364.8

26			2.4	4.8	70.5	812.16	6.2	30	5035.392	24364.8
27			7.2	4.8	70.5	2436.48	7.425	27.6	18090.86	67246.85
28			1.1	4.8	70.5	372.24	8.325	30.65	3098.898	11409.16
29			1.3	4.8	70.5	439.92	8.325	29.45	3662.334	12955.64
30			1.1	4.8	70.5	372.24	10.6	30.65	3945.744	11409.16
31			1.3	4.8	70.5	439.92	10.6	29.45	4663.152	12955.64
32			7.2	4.8	70.5	2436.48	12.45	27.6	30334.18	67246.85
33			7.2	4.8	70.5	2436.48	0	20.4	0	49704.19
34			7.2	4.8	70.5	2436.48	2.4	20.4	5847.552	49704.19
35			7.2	4.8	70.5	2436.48	12.45	20.4	30334.18	49704.19
36			7.2	4.8	70.5	2436.48	0	13.2	0	32161.54
37			7.2	4.8	70.5	2436.48	2.4	13.2	5847.552	32161.54
38			7.2	4.8	70.5	2436.48	12.45	13.2	30334.18	32161.54
39			4.8	4.8	70.5	1624.32	0	7.2	0	11695.1
40			4.8	4.8	70.5	1624.32	9.3	7.2	15106.18	11695.1
41			4.8	4.8	70.5	1624.32	12.45	7.2	20222.78	11695.1
42			4.8	4.8	70.5	1624.32	0	2.4	0	3898.368
43			4.8	4.8	70.5	1624.32	12.45	2.4	20222.78	3898.368
Total						72485.28			440946.8	1522687
									6.08326	21.00684

- Balok :

Balok											
No	Tipe	Dimensi Balok			Panjang (m)	BJ Beton (Kg/m <sup>2</sup> )	Berat (W) (Kg)	Jarak ke Xo (X) (m)	Jarak ke Yo (Y) (m)	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)
		Arah	b	h							
			(m)	(m)							
1	B1	X	0.45	0.7	4.2	2400	3175.2	2.1	35.5	6667.92	112719.6
2			0.45	0.7	8.25	2400	6237	8.325	20.4	51923.03	127234.8
3			0.45	0.7	2.4	2400	1814.4	1.2	31.2	2177.28	56609.28
4			0.45	0.7	10.05	2400	7597.8	7.425	31.2	56413.67	237051.4
5			0.45	0.7	2.4	2400	1814.4	1.2	24	2177.28	43545.6
6			0.45	0.7	10.05	2400	7597.8	7.425	24	56413.67	182347.2
7			0.45	0.7	2.4	2400	1814.4	1.2	20.4	2177.28	37013.76
8			0.45	0.7	10.05	2400	7597.8	7.425	20.4	56413.67	154995.1
9			0.45	0.7	2.4	2400	1814.4	1.2	16.8	2177.28	30481.92
10			0.45	0.7	10.05	2400	7597.8	7.425	16.8	56413.67	127643
11			0.45	0.7	4.2	2400	3175.2	2.1	4.8	6667.92	15240.96
12			0.45	0.7	8.25	2400	6237	8.325	4.8	51923.03	29937.6
13			0.45	0.7	4.2	2400	3175.2	2.1	0	6667.92	0
14			0.45	0.7	8.25	2400	6237	8.325	0	51923.03	0

15	B2	Y	0.35	0.5	4.3	2400	1806	0	33.35	0	60230.1
16			0.35	0.5	4.3	2400	1806	2.4	33.35	4334.4	60230.1
17			0.35	0.5	4.3	2400	1806	12.45	33.35	22484.7	60230.1
18			0.35	0.5	7.2	2400	3024	0	27.6	0	83462.4
19			0.35	0.5	7.2	2400	3024	2.4	27.6	7257.6	83462.4
20			0.35	0.5	7.2	2400	3024	12.45	27.6	37648.8	83462.4
21			0.35	0.5	7.2	2400	3024	0	20.4	0	61689.6
22			0.35	0.5	7.2	2400	3024	2.4	20.4	7257.6	61689.6
23			0.35	0.5	7.2	2400	3024	12.45	20.4	37648.8	61689.6
24			0.35	0.5	7.2	2400	3024	0	13.2	0	39916.8
25			0.35	0.5	7.2	2400	3024	2.4	13.2	7257.6	39916.8
26			0.35	0.5	7.2	2400	3024	12.45	13.2	37648.8	39916.8
27			0.35	0.5	4.8	2400	2016	0	7.2	0	14515.2
28			0.35	0.5	4.8	2400	2016	4.2	7.2	8467.2	14515.2
29			0.35	0.5	4.8	2400	2016	12.45	7.2	25099.2	14515.2
30			0.35	0.5	4.8	2400	2016	0	2.4	0	4838.4
31			0.35	0.5	4.8	2400	2016	4.2	2.4	8467.2	4838.4
32			0.35	0.5	4.8	2400	2016	12.45	2.4	25099.2	4838.4
33	B4	X	0.35	0.5	8.2	2400	3444	6.5	32.4	22386	111585.6
34			0.35	0.5	1.85	2400	777	11.525	32.4	8954.925	25174.8
35			0.35	0.5	2.4	2400	1008	1.2	27.6	1209.6	27820.8

36	B5		0.35	0.5	5.025	2400	2110.5	4.9125	28.8	10367.83	60782.4
37			0.35	0.5	5.025	2400	2110.5	9.9375	28.8	20973.09	60782.4
38			0.35	0.5	2.4	2400	1008	1.2	20.4	1209.6	20563.2
39			0.35	0.5	10.05	2400	4221	7.425	20.4	31340.93	86108.4
40			0.35	0.5	2.4	2400	1008	1.2	13.2	1209.6	13305.6
41			0.35	0.5	10.05	2400	4221	7.425	13.2	31340.93	55717.2
42			0.35	0.5	3.15	2400	1323	10.875	7.2	14387.63	9525.6
43		Y	0.35	0.5	1.2	2400	504	7.425	31.8	3742.2	16027.2
44			0.35	0.5	4.3	2400	1806	10.6	33.35	19143.6	60230.1
45			0.35	0.5	7.2	2400	3024	7.425	27.6	22453.2	83462.4
46			0.35	0.5	7.2	2400	3024	7.425	20.4	22453.2	61689.6
47			0.35	0.5	7.2	2400	3024	7.425	13.2	22453.2	39916.8
48			0.35	0.5	4.8	2400	2016	9.3	7.2	18748.8	14515.2
49			0.35	0.5	4.8	2400	2016	7.425	2.4	14968.8	4838.4
50		X	0.35	0.5	3.2	2400	1344	4	30.1	5376	40454.4
51			0.35	0.5	1.225	2400	514.5	6.8125	30.1	3505.031	15486.45
52			0.35	0.5	5.025	2400	2110.5	9.9375	30.1	20973.09	63526.05
53		Y	0.35	0.5	4.3	2400	1806	11.35	33.39	20498.1	60302.34
54			0.35	0.5	1.1	2400	462	4	31.75	1848	14668.5
55			0.35	0.5	1.3	2400	546	4	29.45	2184	16079.7
56			0.35	0.5	2.4	2400	1008	5.6	30	5644.8	30240

57			0.35	0.5	2.4	2400	1008	6.2	30	6249.6	30240
58			0.35	0.5	1.1	2400	462	6.8125	30.1	3147.375	13906.2
59			0.35	0.5	1.3	2400	546	8.325	30.65	4545.45	16734.9
60			0.35	0.5	1.1	2400	462	10.6	30.65	4897.2	14160.3
61			0.35	0.5	1.3	2400	546	10.6	29.45	5787.6	16079.7
Total							158075.4			990807.1	3032702
										6.26794	19.18516

- Kolom :

Kolom										
No	Type	Dimensi Kolom		L	BJ Beton	Berat	Jarak ke Xo	Jarak ke Yo	W.x	W.y
		b	h			(W)	(X)	(Y)		
		(m)	(m)	(m)	(Kg/m2)	(Kg)	(m)	(m)	(Kg.m)	(Kg.m)
1	K 60/60	0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	2.4	35.5	9953.28	147225.6
2		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	35.5	51632.64	147225.6
3		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	2.4	31.2	9953.28	129392.6
4		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	31.2	51632.64	129392.6
5		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	2.4	24	9953.28	99532.8
6		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	24	51632.64	99532.8
7		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	2.4	16.8	9953.28	69672.96

8		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	16.8	51632.64	69672.96
9		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	2.4	9.6	9953.28	39813.12
10		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	9.6	51632.64	39813.12
11		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	4.2	4.8	17418.24	19906.56
12		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	4.8	51632.64	19906.56
13		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	4.2	0	17418.24	0
14		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	0	51632.64	0
15	K 50/50	0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	35.5	0	102240
16		0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	31.2	0	89856
17		0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	24	0	69120
18		0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	16.8	0	48384
19		0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	9.6	0	27648
20		0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	4.8	0	13824
21		0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	0	0	0
22	K	0.3	0.3	4.8	2400	1036.8	10.6	32.4	10990.08	33592.32
23	30/30	0.3	0.3	4.8	2400	1036.8	9.2	32.4	9538.56	33592.32
Total						80294.4			466560	1429344
									5.810617	17.80129



Lantai 4		Berat	W.x	W.y
		(W)		
		(Kg)	(Kg.m)	(Kg.m)
Total Lantai 2		1207922.28	17758298.43	11431972.78

Perhitungan Letak Titik Berat			
Xa		Ya	
(m)		(m)	
14.70152404		9.464162525	

## LANTAI 5

- Plat Lantai

Plat Lantai										
No	Tipe	Dimensi Plat		Tebal Plat	Berat Tembok	Berat	Jarak ke Xo	Jarak ke Yo	W.x	W.y
		Panjang	Lebar			(W)	(X)	(Y)		
		(m)	(m)			(m)	(Kg/m2)	(Kg)		
1	S1	4.3	2.4	0.12	2400	24768	1.2	33.35	826012.8	29721.6
2	S1	5.03	1.2	0.12	2400	14486.4	4.91	31.8	460667.5	71128.22

3	S1	3.18	1.2	0.12	2400	9158.4	8.695	31.8	291237.1	79632.29
4	S1	1.9	1.2	0.12	2400	5328	11.85	31.45	167565.6	63136.8
5	S1	3.1	1.1	0.12	2400	8184	11.9	33.95	277846.8	97389.6
6	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	29.4	609638.4	24883.2
7	S1	1.6	1.1	0.12	2400	4224	3.45	30.4	128409.6	14572.8
8	S1	1.6	1.3	0.12	2400	4992	3.35	29.3	146265.6	16723.2
9	S1	1.6	1.1	0.12	2400	4224	5.05	30.4	128409.6	21331.2
10	S1	1.6	1.3	0.12	2400	4992	4.95	29.3	146265.6	24710.4
11	S1	1.22	1.1	0.12	2400	3220.8	6.875	30.59	98524.27	22143
12	S1	1.3	1.22	0.12	2400	3806.4	8.305	29.45	112098.5	31612.15
13	S1	1.1	0.9	0.12	2400	2376	7.875	30.65	72824.4	18711
14	S1	1.3	0.9	0.12	2400	2808	7.875	29.45	82695.6	22113
15	S1	2.28	1.1	0.12	2400	6019.2	10.05	30.06	180937.2	60492.96
16	S1	2.28	1.3	0.12	2400	7113.6	9.95	28.96	206009.9	70780.32
17	S1	1.85	1.3	0.12	2400	5772	11.8	29.175	168398.1	68109.6
18	S1	1.85	1.1	0.12	2400	4884	11.9	30.275	147863.1	58119.6
19	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	25.8	534988.8	24883.2
20	S1	5.03	4.8	0.12	2400	57945.6	5.025	26.285	1523100	291176.6
21	S1	5.03	4.8	0.12	2400	57945.6	10.05	26.285	1523100	582353.3
22	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	22.2	460339.2	24883.2
23	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	5.625	21.485	933720.9	244458

24	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	10.65	21.485	933720.9	462840.5
25	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	22.2	460339.2	24883.2
26	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	5.625	17.885	777267.8	244458
27	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	10.65	17.855	775964	462840.5
28	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	15	311040	24883.2
29	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	5.625	14.285	620814.7	244458
30	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	10.65	14.285	620814.7	462840.5
31	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	11.4	236390.4	24883.2
32	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	5.625	10.685	464361.6	244458
33	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	10.65	10.685	464361.6	462840.5
34	S1	4.8	4.2	0.12	2400	48384	2.1	7.2	348364.8	101606.4
35	S1	5.1	4.8	0.12	2400	58752	6.9	7.05	414201.6	405388.8
36	S1	4.8	4.2	0.12	2400	48384	2.1	2.4	116121.6	101606.4
37	S1	4.8	3.23	0.12	2400	37209.6	5.81	2.4	89303.04	216187.8
Total						897067.2			15859985	5447240
									17.67982	6.072277

- Dinding :

Dinding										
No	Tipe	Dimensi Dinding			Berat Tembok	Berat	Jarak ke Xo	Jarak ke Yo	W.x	W.y
		Arah	Panjang	Tinggi		(W)	(X)	(Y)		
			(m)	(m)	(Kg/m2)	(Kg)	(m)	(m)	(Kg.m)	(Kg.m)
1	Lantai 2	X	4.2	4.8	70.5	1421.28	2.1	35.5	2984.688	50455.44
2			8.25	4.8	70.5	2791.8	8.325	35.5	23241.74	99108.9
3			8.2	4.8	70.5	2774.88	6.5	32.4	18036.72	89906.11
4			1.85	4.8	70.5	626.04	11.525	32.4	7215.111	20283.7
5			10.05	4.8	70.5	3400.92	7.425	31.2	25251.83	106108.7
6			3.2	4.8	70.5	1082.88	4	30.1	4331.52	32594.69
7			1.225	4.8	70.5	414.54	6.8125	30.1	2824.054	12477.65
8			5.025	4.8	70.5	1700.46	9.9375	30.1	16898.32	51183.85
9			5.025	4.8	70.5	1700.46	4.9125	28.8	8353.51	48973.25
10			5.025	4.8	70.5	1700.46	9.9375	28.8	16898.32	48973.25
11			10.05	4.8	70.5	3400.92	7.425	16.8	25251.83	57135.46
12			10.05	4.8	70.5	3400.92	7.425	9.6	25251.83	32648.83
13			3.15	4.8	70.5	1065.96	10.875	7.2	11592.32	7674.912
14			8.25	4.8	70.5	2791.8	8.325	4.8	23241.74	13400.64
15			4.2	4.8	70.5	1421.28	2.1	0	2984.688	0
16			8.25	4.8	70.5	2791.8	8.325	0	23241.74	0

20		Y	4.3	4.8	70.5	1455.12	0	33.35	0	48528.25
21			4.3	4.8	70.5	1455.12	2.4	33.35	3492.288	48528.25
22			4.3	4.8	70.5	1455.12	10.6	33.35	15424.27	48528.25
23			3.1	4.8	70.5	1049.04	11.35	33.95	11906.6	35614.91
24			4.3	4.8	70.5	1455.12	12.45	33.35	18116.24	48528.25
25			7.2	4.8	70.5	2436.48	0	27.6	0	67246.85
26			7.2	4.8	70.5	2436.48	2.4	27.6	5847.552	67246.85
27			1.1	4.8	70.5	372.24	4	30.65	1488.96	11409.16
28			1.3	4.8	70.5	439.92	4	29.45	1759.68	12955.64
29			2.4	4.8	70.5	812.16	5.6	30	4548.096	24364.8
30			2.4	4.8	70.5	812.16	6.2	30	5035.392	24364.8
31			7.2	4.8	70.5	2436.48	7.425	27.6	18090.86	67246.85
32			1.1	4.8	70.5	372.24	8.325	30.65	3098.898	11409.16
33			1.3	4.8	70.5	439.92	8.325	29.45	3662.334	12955.64
34			1.1	4.8	70.5	372.24	10.6	30.65	3945.744	11409.16
35			1.3	4.8	70.5	439.92	10.6	29.45	4663.152	12955.64
36			7.2	4.8	70.5	2436.48	12.45	27.6	30334.18	67246.85
37			7.2	4.8	70.5	2436.48	0	20.4	0	49704.19
38			7.2	4.8	70.5	2436.48	2.4	20.4	5847.552	49704.19
39			7.2	4.8	70.5	2436.48	12.45	20.4	30334.18	49704.19
40			7.2	4.8	70.5	2436.48	0	13.2	0	32161.54

41			7.2	4.8	70.5	2436.48	2.4	13.2	5847.552	32161.54
42			7.2	4.8	70.5	2436.48	12.45	13.2	30334.18	32161.54
46			4.8	4.8	70.5	1624.32	0	7.2	0	11695.1
47			4.8	4.8	70.5	1624.32	9.3	7.2	15106.18	11695.1
48			4.8	4.8	70.5	1624.32	12.45	7.2	20222.78	11695.1
49			4.8	4.8	70.5	1624.32	0	2.4	0	3898.368
50			4.8	4.8	70.5	1624.32	12.45	2.4	20222.78	3898.368
Total						75903.12			496929.4	1579944
									6.54689	20.81527

- Balok :

Balok											
No	Type	Dimensi Balok			L	BJ Beton	Berat	Jarak ke Xo	Jarak ke Yo	W.x	W.y
		Arah	b	h							
			(m)	(m)	(m)	(Kg/m <sup>2</sup> )	(Kg)	(X)	(Y)	(Kg.m)	(Kg.m)
1	B1	X	0.45	0.7	4.2	2400	3175.2	2.1	35.5	6667.92	112719.6
2			0.45	0.7	8.25	2400	6237	8.325	16.8	51923.03	104781.6
3			0.45	0.7	2.4	2400	1814.4	1.2	31.2	2177.28	56609.28
4			0.45	0.7	10.05	2400	7597.8	7.425	31.2	56413.67	237051.4
5			0.45	0.7	2.4	2400	1814.4	1.2	24	2177.28	43545.6

6			0.45	0.7	10.05	2400	7597.8	7.425	24	56413.67	182347.2
7			0.45	0.7	2.4	2400	1814.4	1.2	20.4	2177.28	37013.76
8			0.45	0.7	10.05	2400	7597.8	7.425	20.4	56413.67	154995.1
9			0.45	0.7	2.4	2400	1814.4	1.2	16.8	2177.28	30481.92
10			0.45	0.7	10.05	2400	7597.8	7.425	16.8	56413.67	127643
11			0.45	0.7	4.2	2400	3175.2	2.1	4.8	6667.92	15240.96
12			0.45	0.7	8.25	2400	6237	8.325	4.8	51923.03	29937.6
13			0.45	0.7	4.2	2400	3175.2	2.1	0	6667.92	0
14			0.45	0.7	8.25	2400	6237	8.325	0	51923.03	0
15	B2	Y	0.35	0.5	4.3	2400	1806	0	33.35	0	60230.1
16			0.35	0.5	4.3	2400	1806	2.4	33.35	4334.4	60230.1
17			0.35	0.5	4.3	2400	1806	12.45	33.35	22484.7	60230.1
18			0.35	0.5	7.2	2400	3024	0	27.6	0	83462.4
19			0.35	0.5	7.2	2400	3024	2.4	27.6	7257.6	83462.4
20			0.35	0.5	7.2	2400	3024	12.45	27.6	37648.8	83462.4
21			0.35	0.5	7.2	2400	3024	0	20.4	0	61689.6
22			0.35	0.5	7.2	2400	3024	2.4	20.4	7257.6	61689.6
23			0.35	0.5	7.2	2400	3024	12.45	20.4	37648.8	61689.6
24			0.35	0.5	7.2	2400	3024	0	13.2	0	39916.8
25			0.35	0.5	7.2	2400	3024	2.4	13.2	7257.6	39916.8
26			0.35	0.5	7.2	2400	3024	12.45	13.2	37648.8	39916.8

27			0.35	0.5	4.8	2400	2016	0	7.2	0	14515.2
28			0.35	0.5	4.8	2400	2016	4.2	7.2	8467.2	14515.2
29			0.35	0.5	4.8	2400	2016	12.45	7.2	25099.2	14515.2
30			0.35	0.5	4.8	2400	2016	0	2.4	0	4838.4
31			0.35	0.5	4.8	2400	2016	4.2	2.4	8467.2	4838.4
32			0.35	0.5	4.8	2400	2016	12.45	2.4	25099.2	4838.4
33	B4	X	0.35	0.5	8.2	2400	3444	6.5	32.4	22386	111585.6
34			0.35	0.5	1.85	2400	777	11.525	32.4	8954.925	25174.8
35			0.35	0.5	2.4	2400	1008	1.2	27.6	1209.6	27820.8
36			0.35	0.5	5.025	2400	2110.5	4.9125	28.8	10367.83	60782.4
37			0.35	0.5	5.025	2400	2110.5	9.9375	28.8	20973.09	60782.4
38			0.35	0.5	2.4	2400	1008	1.2	20.4	1209.6	20563.2
39			0.35	0.5	10.05	2400	4221	7.425	20.4	31340.93	86108.4
40			0.35	0.5	2.4	2400	1008	1.2	13.2	1209.6	13305.6
41			0.35	0.5	10.05	2400	4221	7.425	13.2	31340.93	55717.2
42			0.35	0.5	3.15	2400	1323	10.875	7.2	14387.63	9525.6
43		Y	0.35	0.5	1.2	2400	504	7.425	31.8	3742.2	16027.2
44			0.35	0.5	4.3	2400	1806	10.6	33.35	19143.6	60230.1
45			0.35	0.5	7.2	2400	3024	7.425	27.6	22453.2	83462.4
46			0.35	0.5	7.2	2400	3024	7.425	20.4	22453.2	61689.6
47			0.35	0.5	7.2	2400	3024	7.425	13.2	22453.2	39916.8



48			0.35	0.5	4.8	2400	2016	9.3	7.2	18748.8	14515.2	
49			0.35	0.5	4.8	2400	2016	7.425	2.4	14968.8	4838.4	
50	B5	X	0.35	0.5	3.2	2400	1344	4	30.1	5376	40454.4	
51			0.35	0.5	1.225	2400	514.5	6.8125	30.1	3505.031	15486.45	
52			0.35	0.5	5.025	2400	2110.5	9.9375	30.1	20973.09	63526.05	
53		Y	0.35	0.5	4.3	2400	1806	11.35	33.39	20498.1	60302.34	
54			0.35	0.5	1.1	2400	462	4	31.75	1848	14668.5	
55			0.35	0.5	1.3	2400	546	4	29.45	2184	16079.7	
56			0.35	0.5	2.4	2400	1008	5.6	30	5644.8	30240	
57			0.35	0.5	2.4	2400	1008	6.2	30	6249.6	30240	
58			0.35	0.5	1.1	2400	462	6.8125	30.1	3147.375	13906.2	
59			0.35	0.5	1.3	2400	546	8.325	30.65	4545.45	16734.9	
60			0.35	0.5	1.1	2400	462	10.6	30.65	4897.2	14160.3	
61			0.35	0.5	1.3	2400	546	10.6	29.45	5787.6	16079.7	
Total							158075.4			990807.1	3010249	
										6.26794	19.04312	

- Kolom :

Kolom										
No	Tipe	Dimensi Kolom		Panjang	BJ Beton	Berat	Jarak ke Xo	Jarak ke Yo	W.x	W.y
		b	h			(W)	(X)	(Y)		
		(m)	(m)	(m)	(Kg/m2)	(Kg)	(m)	(m)	(Kg.m)	(Kg.m)
1	K 60/60	0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	2.4	35.5	9953.28	147225.6
2		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	35.5	51632.64	147225.6
3		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	2.4	31.2	9953.28	129392.6
4		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	31.2	51632.64	129392.6
5		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	2.4	24	9953.28	99532.8
6		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	24	51632.64	99532.8
7		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	2.4	16.8	9953.28	69672.96
8		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	16.8	51632.64	69672.96
9		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	2.4	9.6	9953.28	39813.12
10		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	9.6	51632.64	39813.12
11		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	4.2	4.8	17418.24	19906.56
12		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	4.8	51632.64	19906.56
13		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	4.2	0	17418.24	0
14		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	0	51632.64	0
15	K	0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	35.5	0	102240
16	50/50	0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	31.2	0	89856

17		0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	24	0	69120
18		0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	16.8	0	48384
19		0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	9.6	0	27648
20		0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	4.8	0	13824
21		0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	0	0	0
22	K3	0.3	0.3	4.8	2400	1036.8	10.6	32.4	10990.08	33592.32
23	30/30	0.3	0.3	4.8	2400	1036.8	9.2	32.4	9538.56	33592.32
Total						80294.4			466560	1429344
									5.810617	17.80129

Lantai 5		Berat	W.x	W.y
		(W)		
		(Kg)	(Kg.m)	(Kg.m)
Total Lantai 2		1211340.12	17814281	11466776.86

Perhitungan Letak Titik Berat		
Xa		Ya
(m)		(m)
14.70625856		9.466190929

## LANTAI 6

- Plat Lantai

Plat Lantai										
No	Tipe	Dimensi Plat		Tebal Plat	Berat Tembok	Berat	Jarak ke Xo	Jarak ke Yo	W.x	W.y
		Panjang	Lebar			(W)	(X)	(Y)		
		(m)	(m)			(Kg)	(m)	(m)		
1	S1	4.3	2.4	0.12	2400	24768	1.2	33.35	826012.8	29721.6
2	S1	5.03	1.2	0.12	2400	14486.4	4.91	31.8	460667.5	71128.22
3	S1	3.18	1.2	0.12	2400	9158.4	8.695	31.8	291237.1	79632.29
4	S1	1.9	1.2	0.12	2400	5328	11.85	31.45	167565.6	63136.8
5	S1	3.1	1.1	0.12	2400	8184	11.9	33.95	277846.8	97389.6
6	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	29.4	609638.4	24883.2
7	S1	1.6	1.1	0.12	2400	4224	3.45	30.4	128409.6	14572.8
8	S1	1.6	1.3	0.12	2400	4992	3.35	29.3	146265.6	16723.2
9	S1	1.6	1.1	0.12	2400	4224	5.05	30.4	128409.6	21331.2
10	S1	1.6	1.3	0.12	2400	4992	4.95	29.3	146265.6	24710.4
11	S1	1.22	1.1	0.12	2400	3220.8	6.875	30.59	98524.27	22143
12	S1	1.3	1.22	0.12	2400	3806.4	8.305	29.45	112098.5	31612.15
13	S1	1.1	0.9	0.12	2400	2376	7.875	30.65	72824.4	18711
14	S1	1.3	0.9	0.12	2400	2808	7.875	29.45	82695.6	22113
15	S1	2.28	1.1	0.12	2400	6019.2	10.05	30.06	180937.2	60492.96

16	S1	2.28	1.3	0.12	2400	7113.6	9.95	28.96	206009.9	70780.32
17	S1	1.85	1.3	0.12	2400	5772	11.8	29.175	168398.1	68109.6
18	S1	1.85	1.1	0.12	2400	4884	11.9	30.275	147863.1	58119.6
19	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	25.8	534988.8	24883.2
20	S1	5.03	4.8	0.12	2400	57945.6	5.025	26.285	1523100	291176.6
21	S1	5.03	4.8	0.12	2400	57945.6	10.05	26.285	1523100	582353.3
22	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	22.2	460339.2	24883.2
23	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	5.625	21.485	933720.9	244458
24	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	10.65	21.485	933720.9	462840.5
25	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	22.2	460339.2	24883.2
26	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	5.625	17.885	777267.8	244458
27	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	10.65	17.855	775964	462840.5
28	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	15	311040	24883.2
29	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	5.625	14.285	620814.7	244458
30	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	10.65	14.285	620814.7	462840.5
31	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	11.4	236390.4	24883.2
32	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	5.625	10.685	464361.6	244458
33	S1	5.03	3.6	0.12	2400	43459.2	10.65	10.685	464361.6	462840.5
34	S1	4.8	4.2	0.12	2400	48384	2.1	7.2	348364.8	101606.4
35	S1	5.1	4.8	0.12	2400	58752	6.9	7.05	414201.6	405388.8
36	S1	4.8	4.2	0.12	2400	48384	2.1	2.4	116121.6	101606.4

37	S1	4.8	3.23	0.12	2400	37209.6	5.81	2.4	89303.04	216187.8
Total						859857.6			15859985	5231052
									18.4449	6.083626

- Dinding :

Dinding										
No	Type	Dimensi Dinding			Berat Tembok (Kg/m <sup>2</sup> )	Berat (Kg)	Jarak ke X <sub>o</sub> (X) (m)	Jarak ke Y <sub>o</sub> (Y) (m)	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)
		Arah	Panjang	Tinggi						
			(m)	(m)						
1	Lantai 2	X	4.2	4.8	70.5	1421.28	2.1	35.5	2984.688	50455.44
2			8.25	4.8	70.5	2791.8	8.325	35.5	23241.74	99108.9
3			8.2	4.8	70.5	2774.88	6.5	32.4	18036.72	89906.11
4			1.85	4.8	70.5	626.04	11.525	32.4	7215.111	20283.7
5			10.05	4.8	70.5	3400.92	7.425	31.2	25251.83	106108.7
6			3.2	4.8	70.5	1082.88	4	30.1	4331.52	32594.69
7			1.225	4.8	70.5	414.54	6.8125	30.1	2824.054	12477.65
8			5.025	4.8	70.5	1700.46	9.9375	30.1	16898.32	51183.85
9			5.025	4.8	70.5	1700.46	4.9125	28.8	8353.51	48973.25
10			5.025	4.8	70.5	1700.46	9.9375	28.8	16898.32	48973.25
11			10.05	4.8	70.5	3400.92	5.025	20.4	17089.62	69378.77
12			10.05	4.8	70.5	3400.92	5.025	13.2	17089.62	44892.14

13			3.15	4.8	70.5	1065.96	10.875	7.2	11592.32	7674.912
14			2.4	4.8	70.5	812.16	1.2	9.6	974.592	7796.736
15			4.2	4.8	70.5	1421.28	2.1	4.8	2984.688	6822.144
16			4.2	4.8	70.5	1421.28	2.1	0	2984.688	0
17			8.25	4.8	70.5	2791.8	8.325	0	23241.74	0
18			4.3	4.8	70.5	1455.12	0	33.35	0	48528.25
19			4.3	4.8	70.5	1455.12	2.4	33.35	3492.288	48528.25
20			4.3	4.8	70.5	1455.12	10.6	33.35	15424.27	48528.25
21		Y	3.1	4.8	70.5	1049.04	11.35	33.95	11906.6	35614.91
22			4.3	4.8	70.5	1455.12	12.45	33.35	18116.24	48528.25
23			7.2	4.8	70.5	2436.48	0	27.6	0	67246.85
24			7.2	4.8	70.5	2436.48	2.4	27.6	5847.552	67246.85
25			1.1	4.8	70.5	372.24	4	30.65	1488.96	11409.16
26			1.3	4.8	70.5	439.92	4	29.45	1759.68	12955.64
27			2.4	4.8	70.5	812.16	5.6	30	4548.096	24364.8
28			2.4	4.8	70.5	812.16	6.2	30	5035.392	24364.8
29			7.2	4.8	70.5	2436.48	7.425	27.6	18090.86	67246.85
30			1.1	4.8	70.5	372.24	8.325	30.65	3098.898	11409.16
31			1.3	4.8	70.5	439.92	8.325	29.45	3662.334	12955.64
32			1.1	4.8	70.5	372.24	10.6	30.65	3945.744	11409.16
33			1.3	4.8	70.5	439.92	10.6	29.45	4663.152	12955.64

34			7.2	4.8	70.5	2436.48	12.45	27.6	30334.18	67246.85
35			7.2	4.8	70.5	2436.48	0	20.4	0	49704.19
36			7.2	4.8	70.5	2436.48	2.4	20.4	5847.552	49704.19
37			7.2	4.8	70.5	2436.48	12.45	20.4	30334.18	49704.19
38			7.2	4.8	70.5	2436.48	0	13.2	0	32161.54
39			7.2	4.8	70.5	2436.48	2.4	13.2	5847.552	32161.54
40			7.2	4.8	70.5	2436.48	12.45	13.2	30334.18	32161.54
41			4.8	4.8	70.5	1624.32	0	7.2	0	11695.1
42			4.8	4.8	70.5	1624.32	4.2	7.2	6822.144	11695.1
43			4.8	4.8	70.5	1624.32	9.3	7.2	15106.18	11695.1
44			4.8	4.8	70.5	1624.32	12.45	7.2	20222.78	11695.1
45			4.8	4.8	70.5	1624.32	0	2.4	0	3898.368
46			4.8	4.8	70.5	1624.32	12.45	2.4	20222.78	3898.368
Total						76969.08			468144.7	1617344
									6.082243	21.0129



- Balok

Balok											
No	Tipe	Dimensi Balok			L (m)	BJ Beton (Kg/m <sup>2</sup> )	Berat (W) (Kg)	Jarak ke Xo (X) (m)	Jarak ke Yo (Y) (m)	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)
		Arah	b	h							
			(m)	(m)							
1	B1	X	0.45	0.7	4.2	2400	3175.2	2.1	35.5	6667.92	112719.6
2			0.45	0.7	8.25	2400	6237	8.325	4.8	51923.03	29937.6
3			0.45	0.7	2.4	2400	1814.4	1.2	31.2	2177.28	56609.28
4			0.35	0.5	10.05	2400	4221	7.425	31.2	31340.93	131695.2
5			0.45	0.7	2.4	2400	1814.4	1.2	24	2177.28	43545.6
6			0.45	0.7	10.05	2400	7597.8	7.425	24	56413.67	182347.2
7			0.45	0.7	2.4	2400	1814.4	1.2	20.4	2177.28	37013.76
8			0.45	0.7	10.05	2400	7597.8	7.425	20.4	56413.67	154995.1
9			0.45	0.7	2.4	2400	1814.4	1.2	16.8	2177.28	30481.92
10			0.35	0.5	10.05	2400	4221	7.425	16.8	31340.93	70912.8
11			0.45	0.7	4.2	2400	3175.2	2.1	4.8	6667.92	15240.96
12			0.45	0.7	8.25	2400	6237	8.325	4.8	51923.03	29937.6
13			0.45	0.7	4.2	2400	3175.2	2.1	0	6667.92	0
14			0.35	0.5	8.25	2400	3465	8.325	0	28846.13	0
15	B2	Y	0.35	0.5	4.3	2400	1806	0	33.35	0	60230.1
16			0.35	0.5	4.3	2400	1806	2.4	33.35	4334.4	60230.1

17			0.35	0.5	4.3	2400	1806	12.45	33.35	22484.7	60230.1
18			0.35	0.5	7.2	2400	3024	0	27.6	0	83462.4
19			0.35	0.5	7.2	2400	3024	2.4	27.6	7257.6	83462.4
20			0.35	0.5	7.2	2400	3024	12.45	27.6	37648.8	83462.4
21			0.35	0.5	7.2	2400	3024	0	20.4	0	61689.6
22			0.35	0.5	7.2	2400	3024	2.4	20.4	7257.6	61689.6
23			0.35	0.5	7.2	2400	3024	12.45	20.4	37648.8	61689.6
24			0.35	0.5	7.2	2400	3024	0	13.2	0	39916.8
25			0.35	0.5	7.2	2400	3024	2.4	13.2	7257.6	39916.8
26			0.35	0.5	7.2	2400	3024	12.45	13.2	37648.8	39916.8
27			0.35	0.5	4.8	2400	2016	0	7.2	0	14515.2
28			0.35	0.5	4.8	2400	2016	4.2	7.2	8467.2	14515.2
29			0.35	0.5	4.8	2400	2016	12.45	7.2	25099.2	14515.2
30			0.35	0.5	4.8	2400	2016	0	2.4	0	4838.4
31			0.35	0.5	4.8	2400	2016	4.2	2.4	8467.2	4838.4
32			0.35	0.5	4.8	2400	2016	12.45	2.4	25099.2	4838.4
33	B4	X	0.35	0.5	8.2	2400	3444	6.5	32.4	22386	111585.6
34			0.35	0.5	1.85	2400	777	11.525	32.4	8954.925	25174.8
35			0.35	0.5	2.4	2400	1008	1.2	27.6	1209.6	27820.8
36			0.35	0.5	5.025	2400	2110.5	4.9125	28.8	10367.83	60782.4
37			0.35	0.5	5.025	2400	2110.5	9.9375	28.8	20973.09	60782.4

38	B5		0.35	0.5	2.4	2400	1008	1.2	20.4	1209.6	20563.2
39			0.35	0.5	10.05	2400	4221	7.425	20.4	31340.93	86108.4
40			0.35	0.5	2.4	2400	1008	1.2	13.2	1209.6	13305.6
41			0.35	0.5	10.05	2400	4221	7.425	13.2	31340.93	55717.2
42			0.35	0.5	3.15	2400	1323	10.875	7.2	14387.63	9525.6
43		Y	0.35	0.5	1.2	2400	504	7.425	31.8	3742.2	16027.2
44			0.35	0.5	4.3	2400	1806	10.6	33.35	19143.6	60230.1
45			0.35	0.5	7.2	2400	3024	7.425	27.6	22453.2	83462.4
46			0.35	0.5	7.2	2400	3024	7.425	20.4	22453.2	61689.6
47			0.35	0.5	7.2	2400	3024	7.425	13.2	22453.2	39916.8
48			0.35	0.5	4.8	2400	2016	9.3	7.2	18748.8	14515.2
49			0.35	0.5	4.8	2400	2016	7.425	2.4	14968.8	4838.4
50		X	0.35	0.5	3.2	2400	1344	4	30.1	5376	40454.4
51			0.35	0.5	1.225	2400	514.5	6.8125	30.1	3505.031	15486.45
52			0.35	0.5	5.025	2400	2110.5	9.9375	30.1	20973.09	63526.05
53		Y	0.35	0.5	4.3	2400	1806	11.35	33.39	20498.1	60302.34
54			0.35	0.5	1.1	2400	462	4	31.75	1848	14668.5
55			0.35	0.5	1.3	2400	546	4	29.45	2184	16079.7
56			0.35	0.5	2.4	2400	1008	5.6	30	5644.8	30240
57	0.35		0.5	2.4	2400	1008	6.2	30	6249.6	30240	
58	0.35		0.5	1.1	2400	462	6.8125	30.1	3147.375	13906.2	

59			0.35	0.5	1.3	2400	546	8.325	30.65	4545.45	16734.9
60			0.35	0.5	1.1	2400	462	10.6	30.65	4897.2	14160.3
61			0.35	0.5	1.3	2400	546	10.6	29.45	5787.6	16079.7
Total							148549.8			917584.7	2773318
										6.17695	18.66928

- Kolom

Kolom										
No	Tipe	Dimensi Kolom		Panjang	BJ Beton	Berat	Jarak ke Xo	Jarak ke Yo	W.x	W.y
		b	h			(W)	(X)	(Y)		
		(m)	(m)	(m)	(Kg/m2)	(Kg)	(m)	(m)	(Kg.m)	(Kg.m)
1	K 60/60	0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	2.4	35.5	9953.28	147225.6
2		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	35.5	51632.64	147225.6
3		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	2.4	31.2	9953.28	129392.6
4		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	31.2	51632.64	129392.6
5		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	2.4	24	9953.28	99532.8
6		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	24	51632.64	99532.8
7		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	2.4	16.8	9953.28	69672.96
8		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	16.8	51632.64	69672.96
9		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	2.4	9.6	9953.28	39813.12
10		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	9.6	51632.64	39813.12

11		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	4.2	4.8	17418.24	19906.56
12		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	4.8	51632.64	19906.56
13		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	4.2	0	17418.24	0
14		0.6	0.6	4.8	2400	4147.2	12.45	0	51632.64	0
15	K 50/50	0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	35.5	0	102240
16		0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	31.2	0	89856
17		0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	24	0	69120
18		0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	16.8	0	48384
19		0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	9.6	0	27648
20		0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	4.8	0	13824
21		0.5	0.5	4.8	2400	2880	0	0	0	0
Total						78220.8			446031.4	1362159
									5.702209	17.41429

Lantai 6		Berat	W.x	W.y
		(W)		
		(Kg)	(Kg.m)	(Kg.m)
Total Lantai 2		1163597.28	17691745.26	10983874.01

Perhitungan Letak Titik Berat		
Xa		Ya
(m)		(m)
15.20435426		9.439583778

## LANTAI 7

- Plat Lantai

Plat Lantai										
No	Tipe	Dimensi Plat		Tebal Plat	Berat Tembok	Berat	Jarak ke Xo	Jarak ke Yo	W.x	W.y
		Panjang	Lebar			(W)	(X)	(Y)		
		(m)	(m)			(Kg)	(m)	(m)		
1	S1	4.3	2.4	0.12	2400	24768	1.2	33.35	29721.6	826012.8
2	S1	4.3	3.23	0.12	2400	33333.6	7.425	33.35	247502	1111676
3	S1	5.03	3.23	0.12	2400	38992.56	12.45	33.35	485457.4	1300402
4	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	2.4	29.4	49766.4	609638.4
5	S1	5.0	3.6	0.12	2400	43459.2	7.425	29.4	322684.6	1277700
6	S1	5.0	3.6	0.12	2400	43459.2	12.45	29.4	541067	1277700
7	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	2.4	25.8	49766.4	534988.8
8	S1	5.0	3.6	0.12	2400	43459.2	7.425	25.8	322684.6	1121247
9	S1	5.0	3.6	0.12	2400	43459.2	12.45	25.8	541067	1121247

10	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	22.2	24883.2	460339.2
11	S1	5.0	3.6	0.12	2400	43459.2	5.625	21.485	244458	933720.9
12	S1	5.0	3.6	0.12	2400	43459.2	10.65	21.485	462840.5	933720.9
13	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	22.2	24883.2	460339.2
14	S1	5.0	3.6	0.12	2400	43459.2	5.625	17.885	244458	777267.8
15	S1	5.0	3.6	0.12	2400	43459.2	10.65	17.855	462840.5	775964
16	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	15	24883.2	311040
17	S1	5.0	3.6	0.12	2400	43459.2	5.625	14.285	244458	620814.7
18	S1	5.0	3.6	0.12	2400	43459.2	10.65	14.285	462840.5	620814.7
19	S1	3.6	2.4	0.12	2400	20736	1.2	11.4	24883.2	236390.4
20	S1	5.0	3.6	0.12	2400	43459.2	5.625	10.685	244458	464361.6
21	S1	5.0	3.6	0.12	2400	43459.2	10.65	10.685	462840.5	464361.6
22	S1	4.8	4.2	0.12	2400	48384	2.1	7.2	101606.4	348364.8
23	S1	4.8	2.23	0.12	2400	25689.6	6.425	7.2	165055.7	184965.1
24	S1	4.8	2.88	0.12	2400	33177.6	9.3	7.2	308551.7	238878.7
25	S1	4.8	4.2	0.12	2400	48384	4.2	2.4	203212.8	116121.6
26	S1	4.8	2.23	0.12	2400	25689.6	6.425	2.4	165055.7	61655.04
27	S1	4.8	1	0.12	2400	11520	7.425	2.4	85536	27648
Total						935865.4			6547462	17217381
									6.996158	18.39728

- Dinding

Dinding										
No	Type	Dimensi Dinding			Berat Tembok	Berat	Jarak ke Xo	Jarak ke Yo	W.x	W.y
		Arah	Panjang	Tinggi		(W)	(X)	(Y)		
			(m)	(m)		(Kg/m2)	(Kg)	(m)		
1		X	10.05	4.8	70.5	3400.92	7.425	9.6	25251.83	32648.83
2			3.15	4.8	70.5	1065.96	7.8	7.2	8314.488	7674.912
3			8.25	4.8	70.5	2791.8	8.325	4.8	23241.74	13400.64
4			8.25	4.8	70.5	2791.8	8.325	0	23241.74	0
5		Y	4.8	4.8	70.5	1624.32	6.425	7.2	10436.26	11695.1
6			4.8	4.8	70.5	1624.32	9.3	7.2	15106.18	11695.1
7			4.8	4.8	70.5	1624.32	12.45	7.2	20222.78	11695.1
8			4.8	4.8	70.5	1624.32	6.425	2.4	10436.26	3898.368
9			4.8	4.8	70.5	1624.32	7.425	2.4	12060.58	3898.368
10			4.8	4.8	70.5	1624.32	12.45	2.4	20222.78	3898.368
Total						19796.4			168534.6	100504.8
									8.513397	5.076923



- Balok :

Balok											
No	Tipe	Dimensi Balok			L (m)	BJ Beton (Kg/m <sup>2</sup> )	Berat (W) (Kg)	Jarak ke Xo (X) (m)	Jarak ke Yo (Y) (m)	W.x (Kg.m)	W.y (Kg.m)
		Arah	b	h							
			(m)	(m)							
1	B1	X	3.1	4.8	4.2	70.5	4405.968	2.1	35.5	9252.533	156411.9
2			4.3	4.8	8.25	70.5	12004.74	8.325	35.5	99939.46	426168.3
3			7.2	4.8	2.4	70.5	5847.552	1.2	31.2	7017.062	182443.6
4			7.2	4.8	10.05	70.5	24486.62	7.425	31.2	181813.2	763982.7
5			1.1	4.8	2.4	70.5	893.376	1.2	24	1072.051	21441.02
6			1.3	4.8	10.05	70.5	4421.196	7.425	24	32827.38	106108.7
7			2.4	4.8	2.4	70.5	1949.184	1.2	24	2339.021	46780.42
8			2.4	4.8	10.05	70.5	8162.208	7.425	24	60604.39	195893
9			3.1	4.8	2.4	70.5	2517.696	1.2	16.8	3021.235	42297.29
10			4.3	4.8	10.05	70.5	14623.96	7.425	16.8	108582.9	245682.5
11			7.2	4.8	4.2	70.5	10233.22	4.5	4.8	46049.47	49119.44
12			7.2	4.8	8.25	70.5	20100.96	8.325	4.8	167340.5	96484.61
13			1.1	4.8	4.2	70.5	1563.408	2.1	0	3283.157	0
14			1.3	4.8	8.25	70.5	3629.34	8.325	0	30214.26	0
15	B2	Y	0.35	0.5	4.3	2400	1806	0	33.35	0	60230.1
16			0.35	0.5	4.3	2400	1806	4.2	33.35	7585.2	60230.1

17			0.35	0.5	4.3	2400	1806	12.45	33.35	22484.7	60230.1
18			0.35	0.5	7.2	2400	3024	0	27.6	0	83462.4
19			0.35	0.5	7.2	2400	3024	2.4	27.6	7257.6	83462.4
20			0.35	0.5	7.2	2400	3024	12.45	27.6	37648.8	83462.4
21			0.35	0.5	7.2	2400	3024	0	20.4	0	61689.6
22			0.35	0.5	7.2	2400	3024	2.4	20.4	7257.6	61689.6
23			0.35	0.5	7.2	2400	3024	12.45	20.4	37648.8	61689.6
24			0.35	0.5	7.2	2400	3024	0	13.2	0	39916.8
25			0.35	0.5	7.2	2400	3024	2.4	13.2	7257.6	39916.8
26			0.35	0.5	7.2	2400	3024	12.45	13.2	37648.8	39916.8
27			0.35	0.5	4.8	2400	2016	0	7.2	0	14515.2
28			0.35	0.5	4.8	2400	2016	4.2	7.2	8467.2	14515.2
29			0.35	0.5	4.8	2400	2016	12.45	7.2	25099.2	14515.2
30			0.35	0.5	4.8	2400	2016	0	2.4	0	4838.4
31			0.35	0.5	4.8	2400	2016	4.2	2.4	8467.2	4838.4
32			0.35	0.5	4.8	2400	2016	12.45	2.4	25099.2	4838.4
33	B4	X	0.35	0.5	2.4	2400	1008	1.2	27.6	1209.6	27820.8
34			0.35	0.5	5.025	2400	2110.5	4.9125	27.6	10367.83	58249.8
35			0.35	0.5	5.025	2400	2110.5	9.9375	27.6	20973.09	58249.8
36			0.35	0.5	2.4	2400	1008	1.2	20.4	1209.6	20563.2
37			0.35	0.5	10.05	2400	4221	7.425	20.4	31340.93	86108.4

38			0.35	0.5	2.4	2400	1008	1.2	13.2	1209.6	13305.6	
39			0.35	0.5	10.05	2400	4221	7.425	13.2	31340.93	55717.2	
40			0.35	0.5	3.15	2400	1323	10.875	7.2	14387.63	9525.6	
41			0.35	0.5	4.3	2400	1806	7.425	33.35	13409.55	60230.1	
42			0.35	0.5	7.2	2400	3024	7.425	27.6	22453.2	83462.4	
43			0.35	0.5	7.2	2400	3024	7.425	20.4	22453.2	61689.6	
44		Y	0.35	0.5	7.2	2400	3024	7.425	13.2	22453.2	39916.8	
45			0.35	0.5	4.8	2400	2016	6.425	7.2	12952.8	14515.2	
46			0.35	0.5	4.8	2400	2016	9.3	7.2	18748.8	14515.2	
47			0.35	0.5	4.8	2400	2016	6.425	2.4	12952.8	4838.4	
48			0.35	0.5	4.8	2400	2016	7.425	2.4	14968.8	4838.4	
Total							162687.9			996855.9	3212841	
										6.127412	19.74849	

- Kolom :

Kolom										
No	Tipe	Dimensi Kolom		L	BJ Beton	Berat	Jarak ke Xo	Jarak ke Yo	W.x	W.y
		b	h			(W)	(X)	(Y)		
		(m)	(m)	(m)	(Kg/m2)	(Kg)	(m)	(m)	(Kg.m)	(Kg.m)
1	K	0.3	0.3	4.8	2400	1036.8	6.425	9.6	6661.44	9953.28
2	30/30	0.3	0.3	4.8	2400	1036.8	9.3	9.6	9642.24	9953.28

3		0.3	0.3	4.8	2400	1036.8	12.45	9.6	12908.16	9953.28
4		0.3	0.3	4.8	2400	1036.8	6.425	4.8	6661.44	4976.64
5		0.3	0.3	4.8	2400	1036.8	9.3	4.8	9642.24	4976.64
6		0.3	0.3	4.8	2400	1036.8	12.45	4.8	12908.16	4976.64
7		0.3	0.3	4.8	2400	1036.8	6.425	0	6661.44	0
8		0.3	0.3	4.8	2400	1036.8	9.3	0	9642.24	0
9		0.3	0.3	4.8	2400	1036.8	12.45	0	12908.16	0
Total						9331.2			87635.52	44789.76
									9.391667	4.8

Lantai 7 (Atap 1)	Berat	W.x	W.y
	(W)		
	(Kg)		
Total Lantai 7	1127680.884	7800487.955	20575517.3

Perhitungan Letak Titik Berat		
Xa		Ya
(m)		(m)
6.91728313		18.24586866

## LANTAI ATAP 2

- Plat Lantai :

Plat Lantai										
No	Tipe	Dimensi Dinding		Tebal Plat	Berat Tembok	Berat	Jarak ke Xo	Jarak ke Yo	W.x	W.y
		L	h			(W)	(X)	(Y)		
		(m)	(m)	(m)	(Kg/m2)	(Kg)	(m)	(m)	(Kg.m)	(Kg.m)
1	S2	2.4	2.88	0.1	2400	16588.8	9.3	8.4	154275.8	139345.9
2	S2	2.4	2.88	0.1	2400	16588.8	12.45	8.4	206530.6	139345.9
3	S2	2.4	2.88	0.1	2400	16588.8	9.3	6	154275.8	99532.8
4	S2	2.4	2.88	0.1	2400	16588.8	12.45	6	206530.6	99532.8
5	S2	2.4	2.88	0.1	2400	16588.8	9.3	3.6	154275.8	59719.68
6	S2	2.4	2.88	0.1	2400	16588.8	12.45	3.6	206530.6	59719.68
7	S2	2.4	2.88	0.1	2400	16588.8	9.3	1.2	154275.8	19906.56
8	S2	2.4	2.88	0.1	2400	16588.8	12.45	1.2	206530.6	19906.56
9	S2	2.4	0.23	0.1	2400	1324.8	6.425	8.4	8511.84	11128.32
10	S2	2.4	0.23	0.1	2400	1324.8	6.425	6	8511.84	7948.8
11	S2	2.4	0.23	0.1	2400	1324.8	6.425	3.6	8511.84	4769.28
12	S2	2.4	0.23	0.1	2400	1324.8	6.425	1.2	8511.84	1589.76
Total						138009.6			1477273	662446.1
									10.70413	4.8

- Balok :

Balok											
No	Tipe	Dimensi Balok			Panjang	BJ Beton	Berat	Jarak ke Xo	Jarak ke Yo	W.x	W.y
		Arah	b	h			(W)	(X)	(Y)		
			(m)	(m)			(m)	(Kg/m2)	(Kg)		
1	B3	X	0.25	0.4	7.095	2400	1702.8	9.325	9.6	15878.61	16346.88
2			0.25	0.4	8.095	2400	1942.8	9.325	4.8	18116.61	9325.44
3			0.25	0.4	9.095	2400	2182.8	9.325	0	20354.61	0
4		Y	0.25	0.4	4.8	2400	1152	5.605	7.2	6456.96	8294.4
5			0.25	0.4	4.8	2400	1152	12.45	7.2	14342.4	8294.4
6			0.25	0.4	4.8	2400	1152	5.605	2.4	6456.96	2764.8
7			0.25	0.4	4.8	2400	1152	12.45	2.4	14342.4	2764.8
8	B3-1	X	0.25	0.4	6.845	2400	1642.8	7.75	7.2	12731.7	11828.16
9			0.25	0.4	7.845	2400	1882.8	10.875	7.2	20475.45	13556.16
10			0.25	0.4	2.4	2400	576	9.025	2.4	5198.4	1382.4
11			0.25	0.4	2.4	2400	576	9.025	2.4	5198.4	1382.4
12		Y	0.25	0.4	2.4	2400	576	9.025	7.2	5198.4	4147.2
13			0.25	0.4	2.4	2400	576	9.025	2.4	5198.4	1382.4
Total							16266			149949.3	81469.44
										9.218572	5.008572

Lantai Atap 2		Berat	W.x	W.y
		(W)		
		(Kg)		
Total Lantai Atap		154275.6	1627222.26	743915.52

Perhitungan Letak Titik Berat		
<b>Xa</b>		<b>Ya</b>
<b>(m)</b>		<b>(m)</b>
10.54750239		4.821990775

### PERHITUNGAN PUSAT KEKAKUAN BANGUNAN (CR)

PERHITUNGAN PUSAT KEKAKUAN BANGUNAN (CR)								
No	Tipe	As	Dimensi Pelat		Jarak		(Lx).X	(Ly).Y
			Ly	Lx	(X)	(Y)		
			(m)	(m)	(m)	(m)	(Kg.m)	(Kg.m)
1	Kolom 60/60	1A	0.60	0.60	12.45	0.00	7.47	0.00
2	Kolom 60/60	2A	0.60	0.60	4.20	0.00	2.52	0.00
3	Kolom 60/60	1B	0.60	0.60	12.45	4.80	7.47	2.88
4	Kolom 60/60	2B	0.60	0.60	4.20	4.80	2.52	2.88
5	Kolom 60/60	1C	0.60	0.60	12.45	9.60	7.47	5.76
6	Kolom 60/60	2'C	0.60	0.60	2.40	9.60	1.44	5.76
7	Kolom 60/60	1D	0.60	0.60	12.45	16.80	7.47	10.08
8	Kolom 60/60	2'D	0.60	0.60	2.40	16.80	1.44	10.08
9	Kolom 60/60	1E	0.60	0.60	12.45	24.00	7.47	14.40
10	Kolom 60/60	2'E	0.60	0.60	2.40	24.00	1.44	14.40
11	Kolom 60/60	1F	0.60	0.60	12.45	31.20	7.47	18.72
12	Kolom 60/60	2'F	0.60	0.60	2.40	31.20	1.44	18.72
13	Kolom 60/60	1G	0.60	0.60	12.45	46.00	7.47	27.60
14	Kolom 60/60	2'G	0.60	0.60	2.40	35.50	1.44	21.30
15	Kolom 50/50	3A	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00



16	Kolom 50/50	3B	0.50	0.50	0.00	4.80	0.00	2.40
17	Kolom 50/50	3C	0.50	0.50	0.00	9.60	0.00	4.80
18	Kolom 50/50	3D	0.50	0.50	0.00	16.80	0.00	8.40
19	Kolom 50/50	3E	0.50	0.50	0.00	24.00	0.00	12.00
20	Kolom 50/50	3F	0.50	0.50	0.00	31.20	0.00	15.60
21	Kolom 50/50	3G	0.50	0.50	0.00	35.50	0.00	17.75
22	Kolom 30/30	1A	0.30	0.30	10.60	32.40	3.18	9.72
23	Kolom 30/30	1'A	0.30	0.30	9.20	32.40	2.76	9.72
24	Kolom 30/30	1A	0.30	0.30	12.45	0.00	3.74	0.00
25	Kolom 30/30	1'A	0.30	0.30	9.30	0.00	2.79	0.00
26	Kolom 30/30	1"A	0.30	0.30	6.43	0.00	1.93	0.00
27	Kolom 30/30	1B	0.30	0.30	12.45	4.80	3.74	1.44
28	Kolom 30/30	1'B	0.30	0.30	9.30	4.80	2.79	1.44
29	Kolom 30/30	1"B	0.30	0.30	6.43	4.80	1.93	1.44
30	Kolom 30/30	1C	0.30	0.30	12.45	9.60	3.74	2.88
31	Kolom 30/30	1'C	0.30	0.30	9.30	9.60	2.79	2.88
32	Kolom 30/30	1"C	0.30	0.30	6.43	9.60	1.93	2.88
			15.20	15.20			95.83	245.93
Pusat Kekakuan							Xa	Ya
							(m)	(m)
							6.30444	16.17961

BERAT STRUKTUR BANGUNAN											
			BJ	Berat		Dimensi		Jarak	Tinggi	Jumlah	Total
			kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m	m <sup>2</sup>		m	m		kg
<b>Lantai Dasar</b>											
Kolom I	60 /60	=	2400			0.6	0.6		0.5	14	6048
Kolom II	50/50	=	2400			0.5	0.5		0.5	7	2100
Kolom III	30/30	=	2400			0.3	0.3		0.5	1	108
Berat Total Lantai Dasar											8256
Total Berat Lantai Dasar (W0)											16512
<b>Lantai 1</b>											
Kolom I	60/60	=	2400			0.6	0.6		0.5	14	6048
Kolom II	50/50	=	2400			0.5	0.5		0.5	7	2100
Kolom III	30/30	=	2400			0.3	0.3		0.5	1	108
Kolom I	60/60	=	2400			0.6	0.6		3.4	14	41126.4
Kolom II	50/50	=	2400			0.5	0.5		3.4	7	14280
Kolom III	30/30	=	2400			0.3	0.3		3.4	1	734.4
Sloof I	45/70	=	2400			0.45	0.7	248			187488
Dinding H=3,4m		=		70.5				229	3.4		54891.3
Berat Total Lantai Dasar											306776.1

Lantai Tangga								
		BJ	Berat	Dimensi		Jarak	Jumlah	Total
		Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>		m		Kg
Balok Bordes B5 35/50	=	2400`		0.5	0.35	8.25	3	10395
Balok Bordes B6 15/20	=	2400		0.25	0.4	4.5		1080
Plat Bordes 1 (Depan)	=	2400		2	2	0.12	1	1152
Plat Bordes 3 (Belakang)	=	2400		3.1	1.4	0.12	1	1250
Spesi 2cm Bordes	=		12	2	2		1	48.00
Keramik 1cm Bordes	=		15	2	2		1	60.00
Spesi 2cm Bordes	=		12	3.1	1.4		1	52.08
Keramik 1cm Bordes	=		15	3.1	1.4		1	65.10
Berat Anak Tangga1 Depan	=	2400		0.3	2	0.17	16	3916.8
Berat Anak Tangga 2 Depan	=	2400		0.3	2	0.17	9	2203
Berat Plat Tangga1 Depan	=	2400		3.44	2	0.12	1	1981
Berat Plat Tangga2 Depan	=	2400		2.4	2	0.12	1	1382
Berat Anak Tangga1 Belakang	=	2400		0.3	1.4	0.17	28	4798
Berat Plat Tangga1 Belakang	=	2400		7.6	1.4	0.12	1	3064
Spesi 2 Cm Tangga Belakang	=		12	7.6	1.4		1	128
Spesi 2 Cm Bordes Tangga Belakang	=		12	3.1	1.4		1	52
Spesi 2 Cm Tangga Depan	=		12	3.44	2		1	83

Spesi 2 Cm Tangga Depan	=		12	2.4	2		1	58
Spesi 2 Cm Bordes Tangga Depan	=		12	2	2		1	48
Keramik 1cm Tangga Belakang	=		15	7.6	1.4		1	160
Keramik 1cm Bordes Tangga Belakang	=		15	3.1	1.4		1	65
Keramik 1cm Tangga Depan	=		15	3.44	2		2	206
Keramik 1cm Tangga Depan			15	2.4	2			72
Keramik 1cm Bordes Tangga Depan			15	2	2			60
Berat Pegangan Tangga Depan	=		10			7.84	1	78.40
Berat Pegangan Tangga Belakang	=		10			9	1	90.00
Berat Total Tangga								32548

Beban Hidup					
	Berat		Dimensi		Total
			m	m	Kg
Beban Hidup Plat Tangga 1 Depan	=	479	3.44	2	3295.52
Beban Hidup Plat Tangga 2depan	=	479	2.4	2	2299.2
Beban Hidup Bordes Tangga Depan	=	479	2	2	1916
Beban Hidup Plat Tangga Belakang	=	479	7.6	1.4	5096.56
Beban Hidup Bordes Tangga Belakang	=	479	3.1	1.4	2078.86
Berat Total Beban Hidup Lantai Dasar					14686.14
Beban Hidup Tereduksi					7343.07

Total Beban Lantai 1 (W1)	346667
---------------------------	--------

<b>Lantai 2</b>									
			Bj	Berat	Dimensi		Jarak	Tinggi	Total
			Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>		m	m	Kg
Balok B1	45/70	=	2400		0.45	0.7	87		65772
Balok B2	35/50	=	2400		0.35	0.5	107		44940
Balok B4	35/50	=	2400		0.35	0.5	87		36540
Balok B5	15/20	=	2400		0.15	0.2	26		1872
Kolom K1	60/60	=	2400		0.6	0.6		5.8	70156.8
Kolom K2	40/40	=	2400		0.4	0.4		5.8	15590.4
Kolom K3	30/30	=	2400		0.3	0.3		5.8	1252.8
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		4.3	2.4	0.12		2972.16
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		5.03	1.2	0.12		14486.4
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		3.18	1.2	0.12		1099.008
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		1.85	1.2	0.12		639.36
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		3.1	1.1	0.12		982.08
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		3.6	2.4	0.12		14929.92
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		1.6	1.1	0.12		1013.76
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		1.6	1.3	0.12		1198.08
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		1.23	1.1	0.12		389.664

[illegible]

<b>Lantai Tangga</b>								
		Bj	Berat	Dimensi		Jarak	Jumlah	Total
		Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	m	m	m		Kg
Balok bordes B5 (35/50)	=	2400		0.5	0.35	29.55		12411
Balok bordes B6 (15/20)	=	2400		0.2	0.15	4.5		324
Plat Bordes (Depan)	=	2400		4.8	2	0.12	1	2765
Plat Bordes (belakang)	=	2400		3.1	1.4	0.12		1250
Spesi 2cm bordes	=		12	4.8	2		1	115
Keramik 1cm bordes	=		15	4.8	2		1	144
Spesi 2cm bordes	=		12	3.1	1.4		1	52
Keramik 1cm bordes	=		15	3.1	1.4		1	65
Berat anak tangga1 depan bawah	=	2400		0.3	2	0.17	18	4406
Berat anak tangga1 depan atas	=	2400		0.3	1.4	0.17	18	3084
Berat Plat Tangga1 depan bawah	=	2400		5.5	2	0.12	1	3168
Berat Plat Tangga2 depan atas	=	2400		5.33	2	0.12	1	3070
Berat anak tangga1 belakang	=	2400		0.3	1.4	0.17	20	3427
Berat anak tangga2 belakang	=	2400		0.3	1.4	0.17	20	3427
Berat Plat Tangga1 belakang	=	2400		7.6	1.4	0.12	1	3064
Berat Plat Tangga2 belakang	=	2400		7.21	1.4	0.12	1	2907
Spesi 2cm tangga belakang 1	=		12	7.6	1.4		1	128
Keramik 1cm tangga belakang	=		15	7.6	1.4		1	160

Spesi 2cm tangga belakang2	=		12	7.21	1.4		1	121
Keramik 1cm tangga belakang	=		15	7.21	1.4		1	151
spesi 2cm tangga depan	=		12	5.33	2		1	128
Keramik 1cm tangga depan	=		15	5.33	2		1	160
spesi 2cm tangga depan	=		12	5.5	2		1	132
Keramik 1cm tangga depan	=		15	5.5	2		1	165
Berat pegangan tangga depan	=		10			14.81	1	148
Berat pegangan tangga belakang	=		10			14.42	1	144
Berat pegangan tangga bordes	=		10			2	1	20
Berat Total Tangga								45138

Beban Hidup					
		Berat	Dimensi		Total
			m	m	Kg
Beban Hidup Plat Tangga 1 Depan Bawah	=	479	5.33	2	5106.14
Beban Hidup Plat Tangga 2depan Atas	=	479	5.5	2	5269
Beban Hidup Plat Tangga 1 Belakang Awah	=	479	7.6	2	7280.8
Beban Hidup Plat Tangga 2 Belakang Atas	=	479	7.21	2	6907.18
Beban Hidup Bordes Tangga Depan	=	479	2	2	1916
Beban Hidup Bordes Tangga Belakang	=	479	3.1	1.4	2078.86
Beban Hidup Plat Ruang	=	240	5.03	21.6	26075.52



Beban Hidup Plat Ruang	=	240	5.03	4.8	5794.56
Beban Hidup Plat Ruang	=	240	2.4	3.02	1739.52
Beban Hidup Plat Ruang	=	240	1.23	2.4	708.48
Beban Hidup Plat Koridor	=	383	9.3	4.8	17097.12
Beban Hidup Plat Koridor	=	383	7.3	14.4	40260.96
Beban Hidup Plat Koridor	=	383	2.4	11.05	10157.16
Beban Hidup Plat Koridor	=	383	1.1	3.1	1306.03
Beban Hidup Plat Koridor	=	383	5.6	4.8	10295.04
Beban Hidup Plat Koridor	=	383	1.2	10.05	4618.98
Berat Total Beban Hidup Lantai Dasar					146611.35
Beban Hidup Tereduksi					73305.675
Total Beban Lantai 2 (W2)					587330

Lantai 3									
		Bj	Berat	Dimensi		Jarak	Tinggi	Jumlah	Total
		Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m	m			Kg
Balok B1 45/70	=	2400		0.45	0.7	87			65772
Balok B2 35/50	=	2400		0.35	0.5	107			44940
Balok B4 35/50	=	2400		0.35	0.5	87			36540
Balok B5 15/20	=	2400		0.15	0.2	26			1872
Kolom K1 60/60	=	2400		0.6	0.6		4.8	14	58060.8

Kolom K2 50/50	=	2400		0.5	0.5		4.8	7	12902.4
Kolom K3 30/30	=	2400		0.3	0.3		4.8	1	1036.8
Plat Lantai S1 0.12	=	2400		4.3	2.4	0.12		1	2972.16
Plat Lantai S1 0.12	=	2400		5.03	1.2	0.12		1	14486.4
Plat Lantai S1 0.12	=	2400		3.18	1.2	0.12		1	1099.008
Plat Lantai S1 0.12	=	2400		1.85	1.2	0.12		1	639.36
Plat Lantai S1 0.12	=	2400		3.1	1.1	0.12		1	982.08
Plat Lantai S1 0.12	=	2400		3.6	2.4	0.12		6	14929.92
Plat Lantai S1 0.12	=	2400		1.6	1.1	0.12		2	1013.76
Plat Lantai S1 0.12	=	2400		1.6	1.3	0.12		2	1198.08
Plat Lantai S1 0.12	=	2400		1.23	1.1	0.12		1	389.664
Plat Lantai S1 0.12	=	2400		1.3	1.22	0.12		1	456.768
Plat Lantai S1 0.12	=	2400		1.1	0.9	0.12		1	285.12
Plat Lantai S1 0.12	=	2400		1.3	0.9	0.12		1	336.96
Plat Lantai S1 0.12	=	2400		2.28	1.1	0.12		1	722.304
Plat Lantai S1 0.12	=	2400		2.28	1.3	0.12		1	853.632
Plat Lantai S1 0.12	=	2400		1.85	1.1	0.12		1	586.08
Plat Lantai S1 0.12	=	2400		1.85	1.3	0.12		1	692.64
Plat Lantai S1 0.12	=	2400		5.03	4.8	0.12		2	13906.944
Plat Lantai S1 0.12	=	2400		5.03	3.6	0.12		8	41720.832
Plat Lantai S1 0.12	=	2400		4.8	4.2	0.12		2	11612.16

Plat Lantai S1 0.12	=	2400		5.1	4.8	0.12		1	7050.24
Plat Lantai S1 0.12	=	2400		4.8	1.4	0.12		1	1935.36
Keramik 1 cm	=		15	365.005					5475.1
Spesi	=		12	365.005					4380.1
Plafond	=		6.4	365.005					2336
Instalasi listrik	=		19	365.005					6935.095
Plumbing	=		0	365.005					0
penggantung	=		6	365.005					2190.03
Dinding lt.1 h=4.8	=		70.5			260	4.8		87984
Berat Total Lantai 3									448293.8

Lantai Tangga								
		Bj	Berat	Dimensi		Jarak	Jumlah	Total
		kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>		m		Kg
Balok Bordes B5 35/50	=	2400		0.5	0.35	29.55		12411
Balok Bordes B6 15/20	=	2400		0.2	0.15	4.5		324
Plat Bordes (Depan)	=	2400		4.8	2	0.12		2765
Plat Bordes (Belakang)	=	2400		3.1	1.4	0.12		1250
Spesi 2cm Bordes	=		12	4.8	2			115
Keramik 1cm Bordes	=		15	4.8	2			144

[illegible]

Beban Hidup						
		Berat		Dimensi		Total
				m	m	Kg
Beban Hidup Plat Tangga 1 Depan Bawah	=	479		5.33	2	5106.14
Beban Hidup Plat Tangga 2 Depan Atas	=	479		5.5	2	5269
Beban Hidup Plat Tangga 1 Belakang Awah	=	479		7.21	2	6907.18
Beban Hidup Plat Tangga 2 Belakang Atas	=	479		7.21	2	6907.18
Beban Hidup Bordes Tangga Depan	=	479		2	2	1916
Beban Hidup Bordes Tangga Belakang	=	479		3.1	1.4	2078.86
Beban Hidup Plat Ruang		240		135		32400
Beban Hidup Plat Ruang	=	240		7.68		1843.2
Beban Hidup Plat Ruang		240		96.576		23178.24
Beban Hidup Plat Ruang		240		26.88		6451.2
Beban Hidup Plat Koridor	=	383		44.64		17097.12
Beban Hidup Plat Koridor	=	383		62.16		23807.28
Beban Hidup Plat Koridor	=	383		12.06		4618.98
Beban Hidup Plat Koridor		383		3.41		1306.03
Beban Hidup Plat Koridor		383		5.6		2144.8
Beban Hidup Plat Koridor	=	383		1.2		459.6
Berat Total Beban Hidup Lantai Dasar						141490.81
Beban Hidup Tereduksi						70745.405

Total Beban Lantai 3 (W3)	566811
---------------------------	--------

Lantai 4										
			Bj	Berat	Dimensi		Jarak	Tinggi	Jumlah	Total
			Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>		m	m		Kg
Balok B1	45/70	=	2400		0.45	0.7	87			65772
Balok B2	35/50	=	2400		0.35	0.5	107			44940
Balok B4	35/50	=	2400		0.35	0.5	87			36540
Balok B5	15/20	=	2400		0.15	0.2	26			1872
Kolom K1	60/60	=	2400		0.6	0.6		4.8	14	58060.8
Kolom K2	40/40	=	2400		0.4	0.4		4.8	7	12902.4
Kolom K3	30/30	=	2400		0.3	0.3		4.8	1	1036.8
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		4.3	2.4	0.12		1	2972.16
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		5.03	1.2	0.12		1	14486.4
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		3.18	1.2	0.12		1	1099.008
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		1.85	1.2	0.12		1	639.36
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		3.1	1.1	0.12		1	982.08
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		3.6	2.4	0.12		6	14929.92
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		1.6	1.1	0.12		2	1013.76
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		1.6	1.3	0.12		2	1198.08
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		1.23	1.1	0.12		1	389.664

Plat Lantai S1	0.12	=	2400		1.3	1.22	0.12		1	456.768
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		1.1	0.9	0.12		1	285.12
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		1.3	0.9	0.12		1	336.96
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		2.28	1.1	0.12		1	722.304
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		2.28	1.3	0.12		1	853.632
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		1.85	1.1	0.12		1	586.08
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		1.85	1.3	0.12		1	692.64
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		5.03	4.8	0.12		2	13906.94
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		5.03	3.6	0.12		8	41720.83
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		4.8	4.2	0.12		2	11612.16
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		5.1	4.8	0.12		1	7050.24
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		4.8	1.4	0.12		1	1935.36
Keramik 1 Cm		=		15	365.005					5475.1
Spesi		=		12	365.005					4380.1
Plafond		=		6.4	365.005					2336
Instalasi Listrik		=		19	365.005					6935.09
Plumbing		=		0	365.005					0
Penggantung		=		6	365.005					2190.03
Dinding Lt.1 H=4.8 m		=		70.5			260	4.8		87984
Berat Total Lantai 4										448293.8

Lantai Tangga									
		Bj	Berat	Dimensi		Jarak	Tinggi	Jumlah	Total
		Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>		m	m		Kg
Balok Bordes B5 35/50	=	2400		0.5	0.35	29.55			12411
Balok Bordes B6 15/20	=	2400		0.2	0.15	4.5			324
Plat Bordes (Depan)	=	2400		4.8	2	0.12			2765
Plat Bordes (Belakang)	=	2400		3.1	1.4	0.12			1250
Spesi 2cm Bordes	=		12	4.8	2				115
Keramik 1cm Bordes	=		15	4.8	2				144
Spesi 2cm Bordes	=		12	3.1	1.4				52
Keramik 1cm Bordes	=		15	3.1	1.4				65
Berat Anak Tangga1 Depan	=	2400		0.3	2	0.17		18	4406.40
Berat Anak Tangga2 Depan	=	2400		0.3	2	0.17		22	5385.60
Berat Plat Tangga1 Depan	=	2400		5.33	2	0.12		1	3070.08
Berat Plat Tangga2 Depan	=	2400		5.5	2	0.12		1	3168.00
Berat Anak Tangga1 Belakang	=	2400		0.3	1.4	0.17		20	3427.20
Berat Anak Tangga2 Belakang	=	2400		0.3	1.4	0.17		20	3427.20
Berat Plat Tangga1 Belakang	=	2400		7.21	1.4	0.12		1	2907.07
Berat Plat Tangga2 Belakang	=	2400		7.21	1.4	0.12		1	2907.07
Spesi 2cm Tangga Belakang	=		12	7.21	1.4			2	485



Keramik 1cm Tangga Belakang	=		15	7.21	1.4			2	606
Spesi 2cm Tangga Depan	=		12	5.33	2			1	128
Keramik 1cm Tangga Depam	=		15	5.33	2			1	160
Spesi 2cm Tangga Depan	=		12	5.5	2			1	132
Keramik 1cm Tangga Depam	=		15	5.5	2			1	165
Berat Pegangan Tangga Depan	=		10			10.83		1	108
Berat Pegangan Tangga Belakang	=		10			14.42		1	144
Berat Pegangan Tangga Bordes	=		10			2		1	20
Berat Total Tangga									47772

Beban Hidup					
		Berat	Dimensi		Total
		Kg/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>		Kg
Beban Hidup Plat Tangga 1 Depan Bawah	=	479	5.33	2	5106.14
Beban Hidup Plat Tangga 2depan Atas	=	479	5.5	2	5269
Beban Hidup Plat Tangga 1 Belakang bawah	=	479	7.21	2	6907.18
Beban Hidup Plat Tangga 2 Belakang Atas	=	479	7.21	2	6907.18
Beban Hidup Bordes Tangga Depan	=	479	2	2	1916
Beban Hidup Bordes Tangga Belakang	=	479	3.1	1.4	2078.86
Beban Hidup Plat Ruang		240	135		32400

Beban Hidup Plat Ruang	=	240	7.68		1843.2
Beban Hidup Plat Ruang		240	96.576		23178.24
Beban Hidup Plat Ruang		240	26.88		6451.2
Beban Hidup Plat Koridor	=	383	44.64		17097.12
Beban Hidup Plat Koridor	=	383	62.16		23807.28
Beban Hidup Plat Koridor	=	383	12.06		4618.98
Beban Hidup Plat Koridor		383	3.41		1306.03
Beban Hidup Plat Koridor		383	26.88		10295.04
Beban Hidup Plat Koridor	=	383	12.06		4618.98
Berat Total Beban Hidup Lantai Dasar					153800.43
Beban Hidup Tereduksi					76900.215
Total Beban Lantai 4 (W4)					572966

Lantai 5										
			Bj	Berat	Dimensi		Jarak	Tinggi	Jumlah	Total
			kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>		m	m		kg
Balok B1	45/70	=	2400		0.45	0.7	87			65772
Balok B2	35/50	=	2400		0.35	0.5	107			44940
Balok B4	35/50	=	2400		0.35	0.5	87			36540
Balok B5	15/20	=	2400		0.15	0.2	26			1872

Kolom K1	60/60	=	2400		0.6	0.6		4.8	14	58060.8
Kolom K2	40/40	=	2400		0.4	0.4		4.8	7	12902.4
Kolom K3	30/30	=	2400		0.3	0.3		4.8	1	1036.8
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		4.3	2.4	0.12		1	2972.16
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		5.03	1.2	0.12		1	14486.4
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		3.18	1.2	0.12		1	1099.00
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		1.85	1.2	0.12		1	639.36
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		3.1	1.1	0.12		1	982.08
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		3.6	2.4	0.12		6	14929.92
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		1.6	1.1	0.12		2	1013.76
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		1.6	1.3	0.12		2	1198.08
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		1.23	1.1	0.12		1	389.664
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		1.3	1.22	0.12		1	456.768
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		1.1	0.9	0.12		1	285.12
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		1.3	0.9	0.12		1	336.96
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		2.28	1.1	0.12		1	722.304
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		2.28	1.3	0.12		1	853.632
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		1.85	1.1	0.12		1	586.08
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		1.85	1.3	0.12		1	692.64
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		5.03	4.8	0.12		2	13906.944
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		5.03	3.6	0.12		8	41720.832

Plat Lantai S1	0.12	=	2400		4.8	4.2	0.12		2	11612.16
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		5.1	4.8	0.12		1	7050.24
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		4.8	1.4	0.12		1	1935.36
Keramik 1 cm		=		15	365.005					5475.1
Spesi		=		12	365.005					4380.1
Plafond		=		6.4	365.005					2336
Instalasi listrik		=		19	365.005					6935.095
Plumbing		=		0	365.005					0
penggantung		=		6	365.005					2190.03
DINDING lt.1 h=4.8 m		=		70.5			260	4.8		87984
Berat Total Lantai 5										448293.8

Lantai Tangga								
		Bj	Berat	Dimensi		Jarak	Jumlah	Total
		kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>		m		kg
Balok Bordes B5 35/50	=	2400		0.5	0.35	29.55		12411
Balok Bordes B6 15/20	=	2400		0.2	0.15	4.5		324
Plat Bordes (Depan)	=	2400		4.8	2	0.12		2765
Plat Bordes (Belakang)	=	2400		3.1	1.4	0.12		1250

Spesi 2cm Bordes	=		12	4.8	2			115
Keramik 1cm Bordes	=		15	4.8	2			144
Spesi 2cm Bordes	=		12	3.1	1.4			52
Keramik 1cm Bordes	=		15	3.1	1.4			65
Berat Anak Tangga1 Depan	=	2400		0.3	2	0.17	18	4406.40
Berat Anak Tangga2 Depan	=	2400		0.3	2	0.17	22	5385.60
Berat Plat Tangga1 Depan	=	2400		5.33	2	0.12	1	3070.08
Berat Plat Tangga2 Depan	=	2400		5.5	2	0.12	1	3168.00
Berat Anak Tangga1 Belakang	=	2400		0.3	1.4	0.17	20	3427.20
Berat Anak Tangga2 Belakang	=	2400		0.3	1.4	0.17	20	3427.20
Berat Plat Tangga1 Belakang	=	2400		7.21	1.4	0.12	1	2907.07
Berat Plat Tangga2 Belakang	=	2400		7.21	1.4	0.12	1	2907.07
Spesi 2cm Tangga Belakang	=		12	7.21	1.4		2	485
Keramik 1cm Tangga Belakang	=		15	7.21	1.4		2	606
Spesi 2cm Tangga Depan	=		12	5.33	2		1	128
Keramik 1cm Tangga Depam	=		15	5.33	2		1	160
Spesi 2cm Tangga Depan	=		12	5.5	2		1	132
Keramik 1cm Tangga Depam	=		15	5.5	2		1	165
Berat Pegangan Tangga Depan	=		10			10.83	1	108
Berat Pegangan Tangga Belakang	=		10			14.42	1	144
Berat Pegangan Tangga Bordes	=		10			2	1	20

Berat Total Tangga	47772
--------------------	-------

Beban Hidup						
		Berat		Dimensi		Total
		kg/m <sup>2</sup>	kg/m	m <sup>2</sup>		kg
Beban Hidup Plat Tangga 1 Depan Bawah	=	479		5.33	2	5106.14
Beban Hidup Plat Tangga 2 Depan Atas	=	479		5.5	2	5269
Beban Hidup Plat Tangga 1 Belakang Bawah	=	479		7.21	2	6907.18
Beban Hidup Plat Tangga 2 Belakang Atas	=	479		7.21	2	6907.18
Beban Hidup Bordes Tangga Depan	=	479		2	2	1916
Beban Hidup Bordes Tangga Belakang	=	479		3.1	1.4	2078.86
Beban Hidup Plat Ruang		240		72.36		17366.4
Beban Hidup Plat Ruang	=	287		120.6		34612.2
Beban Hidup Plat Ruang		240		7.68		1843.2
Beban Hidup Plat Ruang		240		15		3600
Beban Hidup Plat Koridor	=	383		44.64		17097.12
Beban Hidup Plat Koridor	=	383		62.16		23807.28
Beban Hidup Plat Koridor	=	383		12.06		4618.98
Beban Hidup Plat Koridor	=	383		3.41		1306.03
Beban Hidup Plat Koridor	=	383		26.88		10295.04
Beban Hidup Plat Koridor	=	383		12.06		4618.98

Berat Total Beban Hidup Lantai Dasar	147349.59
Beban Hidup Tereduksi	73674.795
Total Beban Lantai 5 (W5)	569741

Lantai 6										
			Bj	Berat	Dimensi		Jarak	Tinggi	Jumlah	Total
			kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>		m	m		kg
Balok B1	45/70	=	2400		0.45	0.7	87			65772
Balok B2	35/50	=	2400		0.35	0.5	107			44940
Balok B4	35/50	=	2400		0.35	0.5	87			36540
Balok B5	15/20	=	2400		0.15	0.2	26			1872
Kolom K1	60/60	=	2400		0.6	0.6		4.8	14	58060.8
Kolom K2	40/40	=	2400		0.4	0.4		4.8	7	12902.4
Kolom K3	30/30	=	2400		0.3	0.3		4.8	1	1036.8
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		4.3	2.4	0.12		1	2972.16
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		5.03	1.2	0.12		1	14486.4
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		3.18	1.2	0.12		1	1099.008
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		1.85	1.2	0.12		1	639.36
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		3.1	1.1	0.12		1	982.08
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		3.6	2.4	0.12		6	14929.92

Plat Lantai S1	0.12	=	2400		1.6	1.1	0.12		2	1013.76
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		1.6	1.3	0.12		2	1198.08
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		1.23	1.1	0.12		1	389.664
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		1.3	1.22	0.12		1	456.768
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		1.1	0.9	0.12		1	285.12
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		1.3	0.9	0.12		1	336.96
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		2.28	1.1	0.12		1	722.304
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		2.28	1.3	0.12		1	853.632
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		1.85	1.1	0.12		1	586.08
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		1.85	1.3	0.12		1	692.64
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		5.03	4.8	0.12		2	13906.944
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		5.03	3.6	0.12		8	41720.832
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		4.8	4.2	0.12		2	11612.16
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		5.1	4.8	0.12		1	7050.24
Plat Lantai S1	0.12	=	2400		4.8	1.4	0.12		1	1935.36
Keramik 1 cm		=		15	365.005					5475.1
Spesi		=		12	365.005					4380.1
Plafond		=		6.4	365.005					2336
Instalasi listrik		=		19	365.005					6935.095
Plumbing		=		0	365.005					0
penggantung		=		6	365.005					2190.03



DINDING lt.1 h=4.8 m		=		70.5			260	4.8		87984
Berat Total Lantai 6										448293.8

Lantai Tangga									
		Bj	Berat	Dimensi		Jarak	Jumlah	Total	
		kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>		m		kg	
Balok Bordes B5 35/50	=	2400		0.5	0.35	29.55		12411	
Balok Bordes B6 15/20	=	2400		0.2	0.15	4.5		324	
Plat Bordes (Depan)	=	2400		4.8	2	0.12		2765	
Plat Bordes (Belakang)	=	2400		3.1	1.4	0.12		1250	
Spesi 2cm Bordes	=		12	4.8	2			115	
Keramik 1cm Bordes	=		15	4.8	2			144	
Spesi 2cm Bordes	=		12	3.1	1.4			52	
Keramik 1cm Bordes	=		15	3.1	1.4			65	
Berat Anak Tangga1 Depan	=	2400		0.3	2	0.17	18	4406.40	
Berat Anak Tangga2 Depan	=	2400		0.3	2	0.17	22	5385.60	
Berat Plat Tangga1 Depan	=	2400		5.33	2	0.12	1	3070.08	
Berat Plat Tangga2 Depan	=	2400		5.5	2	0.12	1	3168.00	
Berat Anak Tangga1 Belakang	=	2400		0.3	1.4	0.17	20	3427.20	
Berat Anak Tangga2 Belakang	=	2400		0.3	1.4	0.17	20	3427.20	
Berat Plat Tangga1 Belakang	=	2400		7.21	1.4	0.12	1	2907.07	

Berat Plat Tangga2 Belakang	=	2400		7.21	1.4	0.12	1	2907.07
Spesi 2cm Tangga Belakang	=		12	7.21	1.4		2	485
Keramik 1cm Tangga Belakang	=		15	7.21	1.4		2	606
Spesi 2cm Tangga Depan	=		12	5.33	2		1	128
Keramik 1cm Tangga Depam	=		15	5.33	2		1	160
Spesi 2cm Tangga Depan	=		12	5.5	2		1	132
Keramik 1cm Tangga Depam	=		15	5.5	2		1	165
Berat Pegangan Tangga Depan	=		10			10.83	1	108
Berat Pegangan Tangga Belakang	=		10			14.42	1	144
Berat Pegangan Tangga Bordes	=		10			2	1	20
Berat Total Tangga								47772

Beban Hidup					
		Berat	Dimensi		Total
		kg/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>		kg
Beban hidup plat tangga 1 depan bawah	=	479	5.33	2	5106.14
Beban hidup plat tangga 2depan atas	=	479	5.5	2	5269
Beban hidup plat tangga 1 belakang awah	=	479	7.21	2	6907.18
Beban hidup plat tangga 2 belakang atas	=	479	7.21	2	6907.18
Beban hidup bordes tangga depan	=	479	2	2	1916
Beban hidup bordes tangga belakang	=	479	3.1	1.4	2078.86

Beban Hidup Plat Ruang	=	192	156.78		30101.76
Beban Hidup Plat Ruang	=	383	36.18		13856.94
Beban Hidup Plat Ruang	=	240	7.68		1843.2
Beban Hidup Plat Ruang	=	240	15		3600
Beban Hidup Plat Koridor	=	383	24.48		9375.84
Beban Hidup Plat Koridor	=	383	62.16		23807.28
Beban Hidup Plat Koridor	=	383	12.06		4618.98
Beban Hidup Plat Koridor	=	383	3.41		1306.03
Beban Hidup Plat Ruang	=	240	40.32		9676.8
Beban Hidup Plat Koridor	=	383	12.06		4618.98
Berat Total Beban Hidup Lantai Dasar					130990.17
Beban Hidup Tereduksi					65495.085
Total Beban Lantai 6 (W6)					561561

Lantai 7 (Atap 1)										
			Bj	Berat	Dimensi		Jarak	Tinggi	Jumlah	Total
			Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>		m	m		Kg
Balok B1	45/70	=	2400		0.45	0.7	87			65772
Balok B2	35/50	=	2400		0.35	0.5	107			44940
Balok B4	35/50	=	2400		0.35	0.5	86			36120

[illegible]

Lantai Tangga									
		Bj	Berat	Dimensi		Jarak	Tinggi	Jumlah	Total
		Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m	m <sup>2</sup>		m	m		Kg
Balok Bordes B5 35/50	=	2400		0.5	0.35	29.55			12411
Balok Bordes B6 15/20	=	2400		0.2	0.15	4.5			324
Plat Bordes (Depan)	=	2400		4.8	2	0.12			2765
Spesi 2cm Bordes	=		12	4.8	2				115
Keramik 1cm Bordes	=		15	4.8	2				144
Spesi 2cm Bordes	=		12	3.1	1.4				52
Keramik 1cm Bordes	=		15	3.1	1.4				65
Berat Anak Tangga2 Depan	=	2400		0.3	2	0.17		22	5385.60
Berat Plat Tangga2 Depan	=	2400		5.5	2	0.12		1	3168.00
Spesi 2cm Tangga Depan	=		12	5.5	2			1	132
Keramik 1cm Tangga Depan	=		15	5.5	2			1	165
Berat Pegangan Tangga Depan	=		10			5.5		1	55
Berat pegangan tangga belakang	=		10			7.6		1	76
Berat Pegangan Tangga Bordes	=		10			2		1	20
Berat Total Tangga									24878

<b>Beban Hidup</b>					
		Berat	Dimensi		Total
		Kg/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>		Kg
Beban Hidup Plat Tangga 2 depan Atas	=	479	5.5	2	5269
Beban Hidup Bordes Tangga Depan	=	479	2	2	1916
Beban Hidup Plat Atap	=	96	322.455		30955.68
Beban Hidup Plat Atap	=	96	44.64		4285.44
Beban Hidup Plat Atap	=	96	26.88		2580.48
Berat Total Beban Hidup Lantai Dasar					45006.6
Beban Hidup Tereduksi					22503.3
Total Beban Lantai 7 (W7)					369487

<b>Lantai Atap</b>									
			Bj	Berat	Dimensi		Jarak	Jml	Total
			kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>		m		kg
Balok B3	25/40	=	2400		0.25	0.4	43		10320
Balok B3-1	20/30	=	2400		0.2	0.3	24		3456
Plat Lantai Atap	12	=	2400		3.43	2.4	0.12	8	18966.528
Plat Kantilever	12	=	2400		0.25	4.8	0.12	2	691.2
Plafond	12.4	=		6.4	68.16				436.2
Instalasi listrik	9	=		19	68.16				1295.04

[illegible]

Beban Hidup											
			Bj	Berat		Dimensi		Jarak	Tinggi	Jumlah	Total
			kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m	m <sup>2</sup>		m	m		kg
Beban hidup plat atap		=		96		68.16					6543.36
Berat Total Beban Hidup Lantai Dasar											6543.36
Beban Hidup Tereduksi											3271.68
Total Beban Lantai 7(W8)											88762
Berat Mati Bangunan											3676753.33
											3676.75

## PUSAT MASSA DESAIN

Pusat Massa Desain						
Lantai	Pusat Massa		Pusat Kekakuan		Eksentrisitas	
	arah x (m)	arah y (m)	arah x (m)	arah y (m)	arah x (m)	arah y (m)
0	18.27	5.96	6.30	16.18	0.34	2.09
1	18.71	6.20	6.30	16.18	0.10	2.53
2	16.54	9.42	6.30	16.18	3.11	0.36
3	14.72	9.46	6.30	16.18	3.16	1.46
4	14.70	9.46	6.30	16.18	3.16	1.48
5	14.71	9.47	6.30	16.18	3.16	1.47
6	15.20	9.44	6.30	16.18	3.14	0.98
7	18.25	6.92	6.30	16.18	0.61	2.07



### GAYA GEMPA PER LANTAI

Gaya Gempa Per Lantai										
Lantai	hx (m)	wx (kg)	wx.hx^k (kgm)	Cvx	V	Fi (kg)	ex	ey	Mx (kg.m)	My (kg.m)
Lt. dasar (F0)	0	16512	0	0.0000	161938.3	0.000	0.34	2.09	0.000	0.000
Lt.1 (F1)	1	346666.9	346667	0.0013	161938.3	205.144	0.10	2.53	21.297	519.594
Lt.2 (F2)	7.8	584245.7	11915442.9	0.0435	161938.3	7051.082	3.11	0.36	21953.88	2562.1
Lt.3 (F3)	12.6	566811.4	23371337.4	0.0854	161938.3	13830.221	3.16	1.46	43699.7	20240.9
Lt.4 (F4)	17.4	572966.2	37944054.0	0.1387	161938.3	22453.771	3.16	1.48	70947.7	33188.5
Lt.5 (F5)	22.2	569740.8	53951359.0	0.1972	161938.3	31926.253	3.16	1.47	100942.8	47038.44
Lt. 6 (F6)	27	561561.1	70877806.9	0.2590	161938.3	41942.647	3.14	0.98	131496.2	40904.6
Lt. 7 (F7)	31.8	369487.2	59296268.5	0.2167	161938.3	35089.156	3.14	0.98	110009.5	34220.7
Lt. atap (F8)	34.35	88762.10	15952543.5	0.0583	161938.3	9440.076	0.61	2.1	5785.278	19505.7
Jumlah	0	3676753.3	273655479.1	0.7250		161938.3	0.00	0.00	484856.3	198180.6

## GAYA GEMPA PER KOLOM

### Lantai Dasar

Elmn	Dim (m)		(A)	x.A	y.A	xR	yR	x'	y'	Fx,Fy	Mx	My	Fx	Fy
	Lx	Ly	(m^2)											
Kolom 1	0.6	0.6	0.36	0.86	12.78	5.81	17.80	-3.41	17.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kolom 2	0.6	0.6	0.36	4.48	12.78			6.64	17.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kolom 3	0.6	0.6	0.36	0.86	11.23			-3.41	13.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kolom 4	0.6	0.6	0.36	4.48	11.23			6.64	13.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kolom 5	0.6	0.6	0.36	0.86	8.64			-3.41	6.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kolom 6	0.6	0.6	0.36	4.48	8.64			6.64	6.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kolom 7	0.6	0.6	0.36	0.86	6.05			-3.41	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kolom 8	0.6	0.6	0.36	4.48	6.05			6.64	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kolom 9	0.6	0.6	0.36	0.86	3.46			-3.41	-8.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kolom 10	0.6	0.6	0.36	4.48	3.46			6.64	-8.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kolom 11	0.6	0.6	0.36	1.51	1.73			-1.61	-13.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kolom 12	0.6	0.6	0.36	4.48	1.73			6.64	-13.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kolom 13	0.6	0.6	0.36	1.51	0.00			-1.61	-17.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kolom 14	0.6	0.6	0.36	4.48	0.00			6.64	-17.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kolom 15	0.5	0.5	0.25	0.00	8.88			-5.81	17.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kolom 16	0.5	0.5	0.25	0.00	7.80			-5.81	13.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Kolom 17	0.5	0.5	0.25	0.00	6.00			-5.81	6.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kolom 18	0.5	0.5	0.25	0.00	4.20			-5.81	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kolom 19	0.5	0.5	0.25	0.00	2.40			-5.81	-8.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kolom 20	0.5	0.5	0.25	0.00	1.20			-5.81	-13.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kolom 21	0.5	0.5	0.25	0.00	0.00			-5.81	-17.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kolom 22	0.3	0.3	0.09	0.95	2.92			4.79	14.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kolom 23	0.3	0.3	0.09	0.83	2.92			3.39	14.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			6.97	40.50	124.08			-6.29	21.07					

### **Lantai 1**

Elmn	Dim (m)		(A)	x.A	y.A	xR	yR	x'	y'	Fx,Fy	Mx	My	Fx	Fy
	Lx	Ly	(m^2)											
Kolom 1	0.6	0.6	0.36	0.86	12.8	5.81	17.80	-3.4	17.70	205.14	21.30	519.59	9.66	12.27
Kolom 2	0.6	0.6	0.36	4.48	12.8			6.64	17.70	205.14	21.30	519.59	9.99	12.27
Kolom 3	0.6	0.6	0.36	0.86	11.2			-3.4	13.40	205.14	21.30	519.59	9.66	11.66
Kolom 4	0.6	0.6	0.36	4.48	11.2			6.64	13.40	205.14	21.30	519.59	9.99	11.66
Kolom 5	0.6	0.6	0.36	0.86	8.64			-3.4	6.20	205.14	21.30	519.59	9.66	10.64
Kolom 6	0.6	0.6	0.36	4.48	8.64			6.64	6.20	205.14	21.30	519.59	9.99	10.64
Kolom 7	0.6	0.6	0.36	0.86	6.05			-3.4	-1.00	205.14	21.30	519.59	9.66	9.63
Kolom 8	0.6	0.6	0.36	4.48	6.05			6.64	-1.00	205.14	21.30	519.59	9.99	9.63

Kolom 9	0.6	0.6	0.36	0.86	3.46			-3.4	-8.20	205.14	21.30	519.59	9.66	8.61
Kolom10	0.6	0.6	0.36	4.48	3.46			6.64	-8.20	205.14	21.30	519.59	9.99	8.61
Kolom11	0.6	0.6	0.36	1.51	1.73			-1.6	-13.0	205.14	21.30	519.59	9.72	7.93
Kolom12	0.6	0.6	0.36	4.48	1.73			6.64	-13.0	205.14	21.30	519.59	9.99	7.93
Kolom13	0.6	0.6	0.36	1.51	0.00			-1.6	-17.8	205.14	21.30	519.59	9.72	7.26
Kolom14	0.6	0.6	0.36	4.48	0.00			6.64	-17.8	205.14	21.30	519.59	9.99	7.26
Kolom15	0.5	0.5	0.25	0.00	8.88			-5.8	17.70	205.14	21.30	519.59	9.58	12.27
Kolom 16	0.5	0.5	0.25	0.00	7.80			-5.8	13.40	205.14	21.30	519.59	9.58	11.66
Kolom 17	0.5	0.5	0.25	0.00	6.00			-5.8	6.20	205.14	21.30	519.59	9.58	10.64
Kolom 18	0.5	0.5	0.25	0.00	4.20			-5.8	-1.00	205.14	21.30	519.59	9.58	9.63
Kolom 19	0.5	0.5	0.25	0.00	2.40			-5.8	-8.20	205.14	21.30	519.59	9.58	8.61
Kolom 20	0.5	0.5	0.25	0.00	1.20			-5.8	-13.0	205.14	21.30	519.59	9.58	7.93
Kolom 21	0.5	0.5	0.25	0.00	0.00			-5.8	-17.8	205.14	21.30	519.59	9.58	7.26
Kolom 22	0.3	0.3	0.09	0.95	2.92			4.8	14.60	205.14	21.30	519.59	9.93	11.83
Kolom 23	0.3	0.3	0.09	0.83	2.92			3.4	14.60	205.14	21.30	519.59	9.88	11.83
			6.97	40.50	124.1			-6.3	21.07					

## Lantai 2

Elmn	Dim (m)		(A)	x.A	y.A	xR	yR	Fx,Fy	Mx	My	Fx	Fy
	Lx	Ly	(m <sup>2</sup> )									
Kolom 1	0.6	0.6	0.36	0.86	12.78	5.81	17.8	7051.1	21953.9	2562.1	219.3	348.1
Kolom 2	0.6	0.6	0.36	4.48	12.78			7051.1	21953.9	2562.1	562.6	348.1
Kolom 3	0.6	0.6	0.36	0.86	11.23			7051.1	21953.9	2562.1	219.3	345.1
Kolom 4	0.6	0.6	0.36	4.48	11.23			7051.1	21953.9	2562.1	562.6	345.1
Kolom 5	0.6	0.6	0.36	0.86	8.64			7051.1	21953.9	2562.1	219.3	340.1
Kolom 6	0.6	0.6	0.36	4.48	8.64			7051.1	21953.9	2562.1	562.6	340.1
Kolom 7	0.6	0.6	0.36	0.86	6.05			7051.1	21953.9	2562.1	219.3	335.1
Kolom 8	0.6	0.6	0.36	4.48	6.05			7051.1	21953.9	2562.1	562.6	335.1
Kolom 9	0.6	0.6	0.36	0.86	3.46			7051.1	21953.9	2562.1	219.3	330.1
Kolom 10	0.6	0.6	0.36	4.48	3.46			7051.1	21953.9	2562.1	562.6	330.1
Kolom 11	0.6	0.6	0.36	1.51	1.73			7051.1	21953.9	2562.1	280.7	326.7
Kolom 12	0.6	0.6	0.36	4.48	1.73			7051.1	21953.9	2562.1	562.6	326.7
Kolom 13	0.6	0.6	0.36	1.51	0.00			7051.1	21953.9	2562.1	280.7	323.4
Kolom 14	0.6	0.6	0.36	4.48	0.00			7051.1	21953.9	2562.1	562.6	323.4
Kolom 15	0.5	0.5	0.25	0.00	8.88			7051.1	21953.9	2562.1	137.3	348.1
Kolom 16	0.5	0.5	0.25	0.00	7.80			7051.1	21953.9	2562.1	137.3	345.1
Kolom 17	0.5	0.5	0.25	0.00	6.00			7051.1	21953.9	2562.1	137.3	340.1

Kolom 18	0.5	0.5	0.25	0.00	4.20			7051.1	21953.9	2562.1	137.3	335.1
Kolom 19	0.5	0.5	0.25	0.00	2.40			7051.1	21953.9	2562.1	137.3	330.1
Kolom 20	0.5	0.5	0.25	0.00	1.20			7051.1	21953.9	2562.1	137.3	326.7
Kolom 21	0.5	0.5	0.25	0.00	0.00			7051.1	21953.9	2562.1	137.3	323.4
Kolom 22	0.3	0.3	0.09	0.95	2.92			7051.1	21953.9	2562.1	499.4	345.9
Kolom 23	0.3	0.3	0.09	0.83	2.92			7051.1	21953.9	2562.1	451.5	345.9
			6.97	40.5	124.08							

### **Lantai 3**

Elemen	Dimensi (m)		(A)	x.A	y.A	xR	yR	Fx,Fy	Mx	My	Fx	Fy
	Lx	Ly	m <sup>2</sup>									
Kolom 1	0.6	0.6	0.36	0.9	12.8	5.8	17.8	13830.2	43699.7	20240.9	426.7	755.9
Kolom 2	0.6	0.6	0.36	4.5	12.8			13830.2	43699.7	20240.9	1110.0	1216.0
Kolom 3	0.6	0.6	0.36	0.9	11.2			13830.2	43699.7	20240.9	426.7	1080.6
Kolom 4	0.6	0.6	0.36	4.5	11.2			13830.2	43699.7	20240.9	1110.0	1080.6
Kolom 5	0.6	0.6	0.36	0.9	8.6			13830.2	43699.7	20240.9	426.7	853.8
Kolom 6	0.6	0.6	0.36	4.5	8.6			13830.2	43699.7	20240.9	1110.0	853.8
Kolom 7	0.6	0.6	0.36	0.9	6.0			13830.2	43699.7	20240.9	426.7	627.0
Kolom 8	0.6	0.6	0.36	4.5	6.0			13830.2	43699.7	20240.9	1110.0	627.0
Kolom 9	0.6	0.6	0.36	0.9	3.5			13830.2	43699.7	20240.9	426.7	400.3

Kolom 10	0.6	0.6	0.36	4.5	3.5			13830.2	43699.7	20240.9	1110.0	400.3
Kolom 11	0.6	0.6	0.36	1.5	1.7			13830.2	43699.7	20240.9	549.1	249.1
Kolom 12	0.6	0.6	0.36	4.5	1.7			13830.2	43699.7	20240.9	1110.0	249.1
Kolom 13	0.6	0.6	0.36	1.5	0.0			13830.2	43699.7	20240.9	549.1	97.9
Kolom 14	0.6	0.6	0.36	4.5	0.0			13830.2	43699.7	20240.9	1110.0	97.9
Kolom 15	0.5	0.5	0.25	0.0	8.9			13830.2	43699.7	20240.9	263.5	1216.0
Kolom 16	0.5	0.5	0.25	0.0	7.8			13830.2	43699.7	20240.9	263.5	1080.6
Kolom 17	0.5	0.5	0.25	0.0	6.0			13830.2	43699.7	20240.9	263.5	853.8
Kolom 18	0.5	0.5	0.25	0.0	4.2			13830.2	43699.7	20240.9	263.5	627.0
Kolom 19	0.5	0.5	0.25	0.0	2.4			13830.2	43699.7	20240.9	263.5	400.3
Kolom 20	0.5	0.5	0.25	0.0	1.2			13830.2	43699.7	20240.9	263.5	249.1
Kolom 21	0.5	0.5	0.25	0.0	0.0			13830.2	43699.7	20240.9	263.5	97.9
Kolom 22	0.3	0.3	0.09	1.0	2.9			7051.1	21953.9	2562.1	499.4	345.9
Kolom 23	0.3	0.3	0.09	0.8	2.9			7051.1	21953.9	2562.1	451.5	345.9
			6.97	40.5	124.1							

#### Lantai 4

Elemen	Dimensi (m)		(A)	x.A	y.A	x R	y R	Fx,Fy	Mx	My	Fx	Fy
	Lx	Ly	m <sup>2</sup>									
Kolom 1	0.6	0.6	0.36	0.8	12.8	5. 8	1 7. 8	22453.8	70947.7	33188.5	692.7	1229
Kolom 2	0.6	0.6	0.36	4.5	12.8			22453.8	70947.7	33188.5	1802.2	1229
Kolom 3	0.6	0.6	0.36	0.9	11.2			22453.8	70947.7	33188.5	692.7	1190
Kolom 4	0.6	0.6	0.36	4.5	11.2			22453.8	70947.7	33188.5	1802.2	1190
Kolom 5	0.6	0.6	0.36	0.9	8.64			22453.8	70947.7	33188.5	692.7	1125
Kolom 6	0.6	0.6	0.36	4.5	8.64			22453.8	70947.7	33188.5	1802.2	1125
Kolom 7	0.6	0.6	0.36	0.9	6.0			22453.8	70947.7	33188.5	692.7	1060
Kolom 8	0.6	0.6	0.36	4.5	6.0			22453.8	70947.7	33188.5	1802.2	1060
Kolom 9	0.6	0.6	0.36	0.9	3.5			22453.8	70947.7	33188.5	692.7	995
Kolom 10	0.6	0.6	0.36	4.5	3.5			22453.8	70947.7	33188.5	1802.2	995
Kolom 11	0.6	0.6	0.36	1.5	1.7			22453.8	70947.7	33188.5	891.4	952
Kolom 12	0.6	0.6	0.36	4.5	1.7			22453.8	70947.7	33188.5	1802.2	952
Kolom 13	0.6	0.6	0.36	1.5	0			22453.8	70947.7	33188.5	891.4	909
Kolom 14	0.6	0.6	0.36	4.5	0			22453.8	70947.7	33188.5	1802.2	909
Kolom 15	0.5	0.5	0.25	0	8.8			22453.8	70947.7	33188.5	427.8	1229
Kolom 16	0.5	0.5	0.25	0	7.8			22453.8	70947.7	33188.5	427.8	1190



Kolom 17	0.5	0.5	0.25	0	6			22453.8	70947.7	33188.5	427.8	1125
Kolom 18	0.5	0.5	0.25	0	4.2			22453.8	70947.7	33188.5	427.8	1060
Kolom 19	0.5	0.5	0.25	0	2.4			22453.8	70947.7	33188.5	427.8	995
Kolom 20	0.5	0.5	0.25	0	1.2			22453.8	70947.7	33188.5	427.8	952
Kolom 21	0.5	0.5	0.25	0	0			22453.8	70947.7	33188.5	427.8	909
Kolom 22	0.3	0.3	0.09	0.9	2.9			7051.1	21953.9	2562.1	499.4	346
Kolom 23	0.3	0.3	0.09	0.8	2.9			7051.1	21953.9	2562.1	451.5	346
			6.97	40.5	124.1							

### **Lantai 5 :**

Elemen	Dimensi (m)		(A)	x.A	y.A	x R	y R	Fx,Fy	Mx	My	Fx	Fy
	Lx	Ly	m <sup>2</sup>									
Kolom 1	0.6	0.6	0.36	0.9	12.8	5. 8	1 7. 8	31926.3	100942.8	47038.4	984.6	1746.4
Kolom 2	0.6	0.6	0.36	4.5	12.8			31926.3	100942.8	47038.4	2563.1	1746.4
Kolom 3	0.6	0.6	0.36	0.9	11.2			31926.3	100942.8	47038.4	984.6	1691.5
Kolom 4	0.6	0.6	0.36	4.5	11.2			31926.3	100942.8	47038.4	2563.1	1691.5
Kolom 5	0.6	0.6	0.36	0.9	8.6			31926.3	100942.8	47038.4	984.6	1599.5
Kolom 6	0.6	0.6	0.36	4.5	8.6			31926.3	100942.8	47038.4	2563.1	1599.5
Kolom 7	0.6	0.6	0.36	0.9	6.0			31926.3	100942.8	47038.4	984.6	1507.5

Kolom 8	0.6	0.6	0.36	4.5	6.0			31926.3	100942.8	47038.4	2563.1	1507.5
Kolom 9	0.6	0.6	0.36	0.9	3.5			31926.3	100942.8	47038.4	984.6	1415.5
Kolom 10	0.6	0.6	0.36	4.5	3.5			31926.3	100942.8	47038.4	2563.1	1415.5
Kolom 11	0.6	0.6	0.36	1.5	1.7			31926.3	100942.8	47038.4	1267.3	1354.2
Kolom 12	0.6	0.6	0.36	4.5	1.7			31926.3	100942.8	47038.4	2563.1	1354.2
Kolom 13	0.6	0.6	0.36	1.5	0.0			31926.3	100942.8	47038.4	1267.3	1292.9
Kolom 14	0.6	0.6	0.36	4.5	0.0			31926.3	100942.8	47038.4	2563.1	1292.9
Kolom 15	0.5	0.5	0.25	0.0	8.9			31926.3	100942.8	47038.4	607.7	1746.4
Kolom 16	0.5	0.5	0.25	0.0	7.8			31926.3	100942.8	47038.4	607.7	1691.5
Kolom 17	0.5	0.5	0.25	0.0	6.0			31926.3	100942.8	47038.4	607.7	1599.5
Kolom 18	0.5	0.5	0.25	0.0	4.2			31926.3	100942.8	47038.4	607.7	1507.5
Kolom 19	0.5	0.5	0.25	0.0	2.4			31926.3	100942.8	47038.4	607.7	1415.5
Kolom 20	0.5	0.5	0.25	0.0	1.2			31926.3	100942.8	47038.4	607.7	1354.2
Kolom 21	0.5	0.5	0.25	0.0	0.0			31926.3	100942.8	47038.4	607.7	1292.9
Kolom 22	0.3	0.3	0.09	1.0	2.9			7051.1	21953.9	2562.1	499.4	345.9
Kolom 23	0.3	0.3	0.09	0.8	2.9			7051.1	21953.9	2562.1	451.5	345.9
			6.97	40.5	124							

**Lantai 6:**

Elemen	Dimensi (m)		(A)	x.A	y.A	xR	yR	F <sub>x</sub> ,F <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>
	Lx	Ly	m <sup>2</sup>									
Kolom 1	0.6	0.6	0.36	0.9	12.8	5.7	17.4	41942.6	131496.2	40904.6	1260.0	2219.6
Kolom 2	0.6	0.6	0.36	4.5	12.8			41942.6	131496.2	40904.6	3432.6	2219.6
Kolom 3	0.6	0.6	0.36	0.9	11.2			41942.6	131496.2	40904.6	1260.0	2165.6
Kolom 4	0.6	0.6	0.36	4.5	11.2			41942.6	131496.2	40904.6	3432.6	2165.6
Kolom 5	0.6	0.6	0.36	0.9	8.6			41942.6	131496.2	40904.6	1260.0	2075.1
Kolom 6	0.6	0.6	0.36	4.5	8.6			41942.6	131496.2	40904.6	3432.6	2075.1
Kolom 7	0.6	0.6	0.36	0.9	6.0			41942.6	131496.2	40904.6	1260.0	1984.7
Kolom 8	0.6	0.6	0.36	4.5	6.0			41942.6	131496.2	40904.6	3432.6	1984.7
Kolom 9	0.6	0.6	0.36	0.9	3.5			41942.6	131496.2	40904.6	1260.0	1894.2
Kolom 10	0.6	0.6	0.36	4.5	3.5			41942.6	131496.2	40904.6	3432.6	1894.2
Kolom 11	0.6	0.6	0.36	1.5	1.7			41942.6	131496.2	40904.6	1649.1	1833.9
Kolom 12	0.6	0.6	0.36	4.5	1.7			41942.6	131496.2	40904.6	3432.6	1833.9
Kolom 13	0.6	0.6	0.36	1.5	0.0			41942.6	131496.2	40904.6	1649.1	1773.6
Kolom 14	0.6	0.6	0.36	4.5	0.0			41942.6	131496.2	40904.6	3432.6	1773.6
Kolom 15	0.5	0.5	0.25	0.0	8.9			41942.6	131496.2	40904.6	741.1	2219.6
Kolom 16	0.5	0.5	0.25	0.0	7.8			41942.6	131496.2	40904.6	741.1	2165.6
Kolom 17	0.5	0.5	0.25	0.0	6.0			41942.6	131496.2	40904.6	741.1	2075.1

Kolom 18	0.5	0.5	0.25	0.0	4.2			41942.6	131496.2	40904.6	741.1	1984.7
Kolom 19	0.5	0.5	0.25	0.0	2.4			41942.6	131496.2	40904.6	741.1	1894.2
Kolom 20	0.5	0.5	0.25	0.0	1.2			41942.6	131496.2	40904.6	741.1	1833.9
Kolom 21	0.5	0.5	0.25	0.0	0.0			41942.6	131496.2	40904.6	741.1	1773.6
			6.79	38.7	118.2							

### **Lantai 7:**

Elemen	Dimensi (m)		(A)	x.A	y.A	xR	yR	Fx,Fy	Mx	My	Fx	Fy
	Lx	Ly	m <sup>2</sup>									
Kolom 1	0.6	0.6	0.36	0.9	12.8	5.7	17.4	35089.2	110009.5	34220.7	1054.1	1856.9
Kolom 2	0.6	0.6	0.36	4.5	12.8			35089.2	110009.5	34220.7	2871.7	1856.9
Kolom 3	0.6	0.6	0.36	0.9	11.2			35089.2	110009.5	34220.7	1054.1	1811.7
Kolom 4	0.6	0.6	0.36	4.5	11.2			35089.2	110009.5	34220.7	2871.7	1811.7
Kolom 5	0.6	0.6	0.36	0.9	8.6			35089.2	110009.5	34220.7	1054.1	1736.1
Kolom 6	0.6	0.6	0.36	4.5	8.6			35089.2	110009.5	34220.7	2871.7	1736.1
Kolom 7	0.6	0.6	0.36	0.9	6.0			35089.2	110009.5	34220.7	1054.1	1660.4
Kolom 8	0.6	0.6	0.36	4.5	6.0			35089.2	110009.5	34220.7	2871.7	1660.4
Kolom 9	0.6	0.6	0.36	0.9	3.5			35089.2	110009.5	34220.7	1054.1	1584.7
Kolom 10	0.6	0.6	0.36	4.5	3.5			35089.2	110009.5	34220.7	2871.7	1584.7
Kolom 11	0.6	0.6	0.36	1.5	1.7			35089.2	110009.5	34220.7	1379.6	1534.3

Kolom 12	0.6	0.6	0.36	4.5	1.7			35089.2	110009.5	34220.7	2871.7	1534.3
Kolom 13	0.6	0.6	0.36	1.5	0.0			35089.2	110009.5	34220.7	1379.6	1483.8
Kolom 14	0.6	0.6	0.36	4.5	0.0			35089.2	110009.5	34220.7	2871.7	1483.8
Kolom 15	0.5	0.5	0.25	0.0	8.9			35089.2	110009.5	34220.7	620.0	1856.9
Kolom 16	0.5	0.5	0.25	0.0	7.8			35089.2	110009.5	34220.7	620.0	1811.7
Kolom 17	0.5	0.5	0.25	0.0	6.0			35089.2	110009.5	34220.7	620.0	1736.1
Kolom 18	0.5	0.5	0.25	0.0	4.2			35089.2	110009.5	34220.7	620.0	1660.4
Kolom 19	0.5	0.5	0.25	0.0	2.4			35089.2	110009.5	34220.7	620.0	1584.7
Kolom 20	0.5	0.5	0.25	0.0	1.2			35089.2	110009.5	34220.7	620.0	1534.3
Kolom 21	0.5	0.5	0.25	0.0	0.0			35089.2	110009.5	34220.7	620.0	1483.8
			6.79	38.7	118.2							

**Lantai Atap :**

Elemen	Dimensi		(A)	x.A	y.A	xR	yR	Fx,Fy	Mx	My	Fx	Fy
	Lx	Ly	m <sup>2</sup>									
Kolom 1	0.3	0.3	0.09	0.6	0.9	9.4	4.8	9440.1	5785.3	19505.7	733.9	1726.2
Kolom 2	0.3	0.3	0.09	0.8	0.9			9440.1	5785.3	19505.7	1039.2	1726.2
Kolom 3	0.3	0.3	0.09	1.1	0.9			9440.1	5785.3	19505.7	1373.6	1726.2
Kolom 4	0.3	0.3	0.09	0.6	0.4			9440.1	5785.3	19505.7	733.9	1048.9
Kolom 5	0.3	0.3	0.09	0.8	0.4			9440.1	5785.3	19505.7	1039.2	1048.9
Kolom 6	0.3	0.3	0.09	1.1	0.4			9440.1	5785.3	19505.7	1373.6	1048.9
Kolom 7	0.3	0.3	0.09	0.6	0.0			9440.1	5785.3	19505.7	733.9	371.6
Kolom 8	0.3	0.3	0.09	0.8	0.0			9440.1	5785.3	19505.7	1039.2	371.6
Kolom 9	0.3	0.3	0.09	1.1	0.0			9440.1	5785.3	19505.7	1373.6	371.6
			0.81	7.6	3.9							

## BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Sidoarjo pada tanggal 13 bulan Maret tahun 1996 dan merupakan anak terakhir dari dua bersaudara. Penulis bernama lengkap Rohmatul Bulgis ini merupakan lulusan dari SDN Sugihwaras, SMPN 1 Candi, SMA Muhammadiyah 2 Sidoarjo, Selain itu, penulis juga pernah aktif dikegiatan kemahasiswaan selama tiga tahun di Program Studi Diploma III Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS dengan NRP 3114030114. Penulis mengambil jurusan Bangunan Gedung. Penulis aktif mengikuti beberapa kepanitiaan dan kegiatan seminar yang diselenggarakan oleh Program Studi, Fakultas maupun Institut, serta aktif mengikuti organisasi yang ada di ITS, diantaranya menjadi staff Art and Sport departmen HMDS Diploma Teknik Sipil FV ITS 2014-2015. Penulis dalam waktu luangnya diisi dengan kegiatan olahraga yaitu Volly.

## **BIODATA PENULIS**



Penulis lahir di Surabaya pada tanggal 23 bulan April tahun 1996 dan merupakan anak terakhir dari dua bersaudara. Penulis bernama lengkap Arini Sonia ini merupakan lulusan dari SDN Langkap 1, SMPN 3 Bangkalan, SMAN 1 Bangkalan, Selain itu, penulis juga pernah aktif dikegiatan kemahasiswaan selama tiga tahun di Program Studi Diploma III Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS dengan NRP 3114030154. Penulis mengambil jurusan Bangunan Gedung. Penulis aktif mengikuti beberapa kepanitiaan dan kegiatan seminar yang diselenggarakan oleh Program Studi, Fakultas maupun Institut, serta aktif mengikuti organisasi yang ada di ITS, diantaranya menjadi Sekretaris External Affairs Departmen HMDS Diploma Teknik Sipil FV ITS 2014-2015. Penulis dalam waktu luangnya diisi dengan kegiatan Membaca novel.



